
BACHELORARBEIT

Frau
Lavinia Cotti

**Die Daktyloskopie im Wandel
der Zeit mit Hauptaugenmerk
auf neue Entwicklungen**

Mittweida, 2017

BACHELORARBEIT

Die Daktyloskopie im Wandel der Zeit mit Hauptaugenmerk auf neue Entwicklungen

Autor:

Frau Lavinia Cotti

Studiengang:

Allgemeine und Digitale Forensik

Seminargruppe:

Fo14w2-B

Erstprüfer:

Prof. Dr. rer. nat. Dirk Labudde

Zweitprüfer:

Dipl.-Verww. (FH) Matthias Braun

Einreichung:

Mittweida, 25.08.2017

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2017

BACHELOR THESIS

The dactyloscopy in the course of time with main focus on new developments

author:

Ms. Lavinia Cotti

course of studies:

Allgemeine und Digitale Forensik

seminar group:

Fo14w2-B

first examiner:

Prof. Dr. rer. nat. Dirk Labudde

second examiner:

Dipl.-Verww. (FH) Matthias Braun

submission:

Mittweida, 28.08.2017

defence/ evaluation:

Mittweida, 2017

Bibliografische Beschreibung:

Cotti, Lavinia:

Die Daktyloskopie im Wandel der Zeit mit Hauptaugenmerk auf neue Entwicklungen

The dactyloscopy in the course of time with main focus on new developments

2017 – 9 Seiten Verzeichnisse, 58 Seiten Inhalt, 23 Seiten Anhänge

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,
Fakultät Angewandte Computer- und Biowissenschaften, Bachelorarbeit, 2017

Referat:

Diese Arbeit behandelt die Entwicklung der Daktyloskopie als Instrument der Personenidentifizierung sowie der Bestimmung weiterer Informationen aus Fingerabdrücken. Unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts des digitalen Zeitalters wird im Laufe der Arbeit nicht nur auf neue Methoden in der Daktyloskopie, sondern auch auf die Herausforderungen der Sichtbarmachung daktyloskopischer Spuren eingegangen. Daraus resultieren die Möglichkeiten Informationen zum Spurenverursacher zu erfahren, das Alter eines Abdrucks einzuschätzen und mittels der neuen Verfahren Abdrücke auf problematischen Oberflächen sichtbar zu machen. Auch die Entstehung des Fingerabdruck-Klassifizierungssystems wird in der Arbeit beschrieben. Durch die Auseinandersetzung mit jeglichen Entwicklungen in der Daktyloskopie soll schließlich geklärt werden, ob diese erfolgsversprechender sind, herkömmliche Mittel zur Sichtbarmachung daktyloskopischer Spuren ersetzen werden und ob in der Zukunft eine Automatisierung sowie Digitalisierung der Spurensuche stattfinden wird.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Die Daktyloskopie	3
2.1 Der Fingerabdruck.....	3
2.2 Die Zusammensetzung.....	6
3 Geschichte	11
3.1 Anfänge der Daktyloskopie.....	11
3.2 Entstehung der Klassifikationssysteme	12
3.3 AFIS	17
3.3.1 Die Entwicklung	17
3.3.2 Die Arbeitsweise	19
4 Die daktyloskopische Spur	24
4.1 Übertragung des Fingerabdrucks	24
4.2 Sichtbarmachungsmethoden	25
4.2.1 Optische Methoden	26
4.2.2 Physikalische Methoden	26
4.2.3 Chemische Methoden	27
4.2.4 Sicherungsmethoden	29
5 Zukunft der Daktyloskopie	30
5.1 EviScan	30
5.2 Das Potential der Spektroskopie/ Spektrometrie	32
5.2.1 Spektroskopie	32
5.2.1.1 Infrarot Spektroskopie	33
5.2.1.2 Raman Spektroskopie	33

5.2.2	Massenspektrometrie	34
5.2.2.1	MALDI-MS	34
5.2.2.2	SALDI-MS	35
5.2.2.3	DESI-MS	35
5.2.2.4	DART-MS	35
5.2.2.5	SIMS	35
5.2.2.6	GC/LC-MS und TLC-MS	36
5.2.2.7	LESA	36
5.3	Immunolabeling	37
5.4	Informationen zum Spurenverursacher anhand des Fingerabdrucks	40
5.4.1	Geschlecht	40
5.4.2	Alter	41
5.4.3	Ernährung	41
5.4.4	Drogen- und Rauchverhalten	42
5.4.5	Hygiene	43
5.4.6	Schuss- und explosive Rückstände	43
5.5	Altersbestimmung eines Abdrucks	44
5.5.1	Qualitätsabnahme	44
5.5.2	Veränderung chemischer Bestandteile	45
5.5.3	Fluoreszenz	46
5.5.4	Oberflächenadhäsion	47
5.6	Herausforderungen in der Daktyloskopie	47
5.6.1	Fingerabdrücke auf Thermopapier (Kassenzettel)	48
5.6.2	Fingerabdrücke auf Feuer ausgesetzten Oberflächen	48
5.6.3	Fingerabdrücke auf mit Wasser bedeckten Oberflächen	49
5.6.4	Fingerabdrücke auf Stoff	51
5.6.5	Fingerabdrücke auf Haut	52
5.6.6	Überlappende Fingerabdrücke	52
5.7	Neue Verfahren	53
5.7.1	Gold seed-mediated enhancement	53
5.7.2	Multimetal Deposition (MMD)	54
5.7.3	Metall-organische Gerüste	55
5.7.4	Fuller's Earth (Multani Mitti)	55
5.8	Ausblick	56
6	Fazit	57
	Quellen	IX
	Anlagen	XX
	Anlagen, Teil 1-a	XXI

Anlagen, Teil 1-b.....	XXII
Anlagen, Teil 2.....	XXIII
Anlagen, Teil 3.....	XXIV
Anlagen, Teil 4-a.....	XXV
Anlagen, Teil 4-b.....	XXVI
Anlagen, Teil 5.....	XXVII
Anlagen, Teil 6-a.....	XXVIII
Anlagen, Teil 6-b.....	XXIX
Anlagen, Teil 6-c.....	XXX
Selbstständigkeitserklärung	XXXI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundmuster der Ebene 1	4
Abbildung 2: Anatomische Merkmale der Ebene 2	5
Abbildung 3: Merkmale der Ebene 3	5
Abbildung 4: Faktoren, die die Zusammensetzung eines Fingerabdrucks in der Abdruck- und Alterungsphase beeinflussen	9
Abbildung 5: Graustufenbild (a), Binarisierung (b), Ausdünnung (c) und Minutienerfassung (d)	20
Abbildung 6: Immunolabeling mit primären und sekundären Antikörpern	38
Abbildung 7: Immunolabeling mit Antikörpern versetzt mit magnetischen Partikeln und Protein A/G	38
Abbildung 8: Immunolabeling und Elektrochemilumineszenz	39
Abbildung 9: Überlappende Abdrücke bei verschiedenen m/z.....	52
Abbildung 10: Sichtbarmachung mittels des gold seed-mediated enhancement	53
Abbildung 11: IMMD.....	54
Abbildung 12: Zentrum (a) und Delta (b)	XXI
Abbildung 13: Beispiel einer Lochkarte	XXIII
Abbildung 14: Eine LiveScan Anlage während der Erfassung eines Fingerabdrucks	XXIV
Abbildung 15: Der EviScan mit Scankopf	XXV
Abbildung 16: Eine entstandene Spurenkarte bei EviScan.....	XXVI
Abbildung 17: Ablauf Immunolabeling	XXVII

Abbildung 18: Alterung von fettigen und schweißreichen Abdrücken auf Glas und Plastik unter Einfluss von Licht XXVIII

Abbildung 19: Unterschied der Bestandteile frischer und 14 Tage alter Abdrücke XXIX

Abbildung 20: Eine mögliche Veränderung von Tröpfchen ekkriner, natürlicher und Talg Sekrete eines frischen (a), einer Woche alten (b), zwei Wochen alten (c) und vier Wochen alten Fingerabdrucks (d) XXX

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Faulds' Beschreibungen der Silben.....	13
Tabelle 2: Vucetichs Zuteilung der Buchstaben und Nummern nach Mustertypen.....	15
Tabelle 3: Vucetichs sekundäre Klassifizierung.....	15
Tabelle 4: Vucetichs Werte für die Anzahl der Papillarleisten	15
Tabelle 5: Henrys Primärwerte bei Vorhandensein von Wirbeln	16
Tabelle 6: Zuordnung der Primärwerte	16
Tabelle 7: Vor- und Nachteile des EviScan.....	31
Tabelle 8: Ein Teil einer möglichen Zusammensetzung eines Abdrucks.....	XXII

Abkürzungsverzeichnis

ACE-V	Analysis/Comparison/Evaluation – Verification
AFIS	Automated Fingerprint Identification System
Ag-Pd	Silber-Palladium
AuNP	Gold Nanopartikel
BDC	1,4-Benzenedicarboxylsäure
bzw.	Beziehungsweise
CA	Cyanacrylat
CBD	Cannabidiol
CBN	Cannabinol
CCD	Charge Coupled Device
DART-MS	Direct analysis in real time-mass spectrometry
DESI-MS	Desorption electrospray ionization-mass spectrometry
DFO	1,8-Diaza-fluoren-9-on
DNA	Desoxyribonucleic Acid
ECL	Elektrochemilumineszenz
FBI	Federal Bureau of Investigation
FT	Fourier Transform
GC	Gas Chromatography
HPS	Hot Print System
HRP	Meerrettichperoxidase
IAFIS	Integrated Automated Fingerprint Identification System
IMMD	Immunologic Multimatel Deposition
Ind/Zn	Indandion Zink
IR-S	Infrarot-Spektroskopie
LC	Liquid Chromatography

LDI	laser desorption ionization
LESA	Liquid Extraction Surface Analysis
m/z	Masse-zu-Ladungs-Verhältnis
MALDI-MS	Matrix-assisted laser desorption ionization-mass spectrometry
MCAR	Mixed Cell Agglutination Reaction
MMD	Multimetal Deposition
MOF	Metal-organic Frameworks
MS	Massenspektrometrie
MSTFA	N-Methyl-N-(trimethylsilyl) trifluoroacetamide
NP	Nanopartikel
ORO	Oil Red O
PCR	Polymerase Chain Reaction
PD	Physical Developer
PETN	Pentaerythritol Nitrat
PLS	Partial least square
PVC	Polyvinylchlorid
RDX	Research Department Explosive
RS	Raman Spektroskopie
SALDI-MS	Surface-assisted laser desorption ionization-mass spectrometry
SBU	Secondary Building Unit
SIMS	Secondary ion mass spectrometry
SPR	Small Particle Reagent
THC	Tetrahydrocannabinol
TLC	Thin Layer Chromatography
TMS	Trimethylsilyl-Schutzgruppen
TNT	2,4,6-Trinitrotoluene
TOF	Time Of Flight
UK	United Kingdom

USA	United States of America
UV	Ultra-Violett
VMD	Vacuum Metal Deposition
z.B.	Zum Beispiel

1 Einleitung

In der Geschichte der Menschheit erfolgt die Aufklärung von Gesetzesverstößen vermutlich seit Beginn des Zusammenlebens als soziale Gesellschaft mit unterschiedlichen Mitteln und Erfolgen. Wurde in der Frühzeit z.B. Folter zur Wahrheitsfindung eingesetzt, kamen später wissenschaftliche Methoden hinzu. Während des Mittelalters waren in Europa daktyloskopische Identifizierungsmethoden noch nicht bekannt. Oft wurden Verbrecher mit Zeichen versehen, um sie bei erneuten Taten wiederzuerkennen. Neben der Markierung mit Brandmarken wurde Verbrechern beispielsweise in die Ohren geschlitzt, wodurch die Bezeichnung „Schlitzohr“ entstand. [Vgl. URL-1]

Heutzutage gibt es das Phänomen des Fingerabdrucks, das sich in der Kriminalistik vor allem wegen seiner Einmaligkeit, Unveränderlichkeit und Klassifizierbarkeit durchsetzen konnte und sich als Identifizierungsmittel nicht mehr wegdenken lässt. [Vgl. Steinert-2010, S. 3] Neben der DNA und Zahnabdruckmustern gehören Fingerabdrücke zu den sichersten und eindeutigsten Identifizierungsmethoden der Polizei. [Vgl. Lessig-2007, S. 3] Im Gegensatz zu vielen Übereinstimmungen in der DNA von Zwillingen, weisen sogar Zwillinge trotz einer sehr ähnlichen intrauterinen¹ Umgebung unterschiedliche Fingerabdrücke auf. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 155]

Neben der Identifizierung mittels Fingerabdrücken ist eines der Hauptziele der Forensik der Fund von stichhaltigen Beweisen, wie Fingerabdrücke, für die Anwesenheit einer Person oder die Berührung eines Objekts durch eine Person am Tatort. Dabei stellt das Locardsche Prinzip eines der wichtigsten Prinzipien der Forensik dar. Das Prinzip besagt, dass jede Berührung eine Spur hinterlässt. Bei dem Kontakt zweier Objekte finden demnach immer wechselseitige Spurenübertragungen statt. [Vgl. URL-2] In der Verbrechensbekämpfung sind es genau diese objektiven Spuren, wie hinterlassene Fingerabdrücke, die Zusammenhänge zwischen Personen, Objekten und Orten einer Tat herstellen können. Zu einer anschließenden Verurteilung gehören dennoch weitere eindeutige Beweise, wie die Verbindung der Spur mit der Situation am Tatort, sowie die zeitliche Einordnung der Spurensetzung, die zur Überführung des Täters führen.

Fingerabdrücke weisen Merkmale auf, die sich bereits vor der Geburt ausprägen und bis nach dem Tod bestehen bleiben. Schon ab der circa 10,5. Schwangerschaftswoche beginnen diese Merkmale sich zu formen und prägen sich dann fortlaufend bis zur 16. Schwangerschaftswoche weiter aus. [Vgl. Barnes-2002, S. 3-3] Da Fingerabdrücke in der Regel

¹ Intrauterin beschreibt Vorgänge, die innerhalb der Gebärmutter stattfinden. [URL-3]

auch nach dem Tod bestehen bleiben, ist es darüber hinaus möglich, Fingerabdrücke bei Leichen zu nehmen. Dies ist vor allem bei nicht identifizierten Leichen hilfreich. Dabei werden die Abdrücke mittels Druckerschwärze, Rußpulver, Silikonabformungen oder digitaler Fotografie genommen. Sogar von verbrannten, mumifizierten, verwesenen Leichen und Wasserleichen können oftmals, trotz der Beschädigungen der Haut, noch Fingerabdrücke erhoben werden. Dabei werden spezielle Techniken, die das Straffen der Haut sowie das Legen der Hand bzw. der Finger in chemische Lösungen oder gekochtes Wasser beinhalten, um die Papillarlينien wieder „aufzufrischen“, angewendet. [Vgl. Lessig-2007, S. 45 ff.]

In dieser Arbeit werden die Geschichte der Daktyloskopie und der Klassifizierungssysteme sowie neueste Entwicklungen und Methoden dargestellt. Heutige herkömmlich Methoden zur Sichtbarmachung und Sicherung von Abdrücken auf verschiedenen Objekten weisen neben ihren guten Ergebnissen leider auch Nachteile auf. Denn oft können die Behandlungen sowohl den Abdruck als auch den Spureträger zerstören oder kontaminieren. Außerdem sind einige chemische Sichtbarmachungsmittel gesundheitsschädlich und sollten nur unter Beachtung der Sicherheits- und Arbeitsschutzvorschriften angewendet werden. Zudem können Abdrücke auf bestimmten Oberflächen aufgrund des Materials oder störenden Hintergrundmustern nicht bzw. nur schlecht sichtbar gemacht werden und stellen in der Daktyloskopie eine große Herausforderung dar.

In Zukunft sollen Methoden entwickelt werden, die genau diese Nachteile in den Hintergrund stellen. Dabei stellen sich jedoch folgende Fragen, die im Laufe der Arbeit geklärt werden sollen:

- Sind die Ergebnisse dieser neuen Methoden qualitativ zumindest genauso gut oder gar besser als die der herkömmlichen Mittel?
- Sind diese Verfahren schneller?
- Werden zukünftig die herkömmlichen Verfahren durch die neuen ersetzt?
- Entstehen durch die neuen Möglichkeiten und der Ausschöpfung neuer Potentiale in der Daktyloskopie höhere Aufklärungsquoten bei Täterermittlungen?
- Kann durch den Einsatz neuer Methoden in Zukunft eine „Automatisierung“ bzw. „Digitalisierung“ der daktyloskopischen Spurensuche erwartet werden?

2 Die Daktyloskopie

Die Daktyloskopie (griechisch: „Fingerschau“) beschäftigt sich mit Abbildern von Fingerabdrücken. Dabei werden die sogenannten Papillarleisten, die sich als feine Rillen an den Innenflächen der Hände, vor allem den Fingerkuppen, und an den Füßen abbilden, betrachtet. Die Papillen an der menschlichen Leistenhaut² sind die Grundlage für die Haftung der Haut bei dem Kontakt mit Gegenständen. [Vgl. Steinert-2010, S. 2 ff.]

2.1 Der Fingerabdruck

Jeder Fingerabdruck weist bestimmte Muster dieser Papillarlinien auf. Der Verlauf dieser Linien ist von Finger zu Finger unterschiedlich. Fingerabdrücke sind bei jedem Menschen und an jedem Finger individuell verschieden. Charakteristisch sind hierbei die Unterbrechungen und das Muster in den Linienbildern. Diese Linienbilder der Fingerabdrücke lassen sich wegen ihrer Muster gut vergleichen, um eine Person zu authentifizieren oder identifizieren. Dabei werden drei Ebenen vom allgemein Feststellbaren hin zum Besonderen betrachtet. [Vgl. Steinert-2010, S. 4 ff.]

In der Ebene 1 werden die drei verschiedenen Grundmuster unterschieden: Das Schleifen-, das Wirbel- und das Bogenmuster (siehe Abbildung 1). Es geht hier also um den allgemein augenscheinlichen Papillarlinienverlauf. [Vgl. Sonderegger-2012, S. 62 ff.]

Für eine zunächst grobe Klassifizierung gibt es zudem das Delta und den Kern (siehe Anlagen, Teil 1-a). Das Delta befindet sich meist am Rand des Fingerabdrucks und ähnelt dem griechischen Großbuchstaben Delta Δ . Das Delta bildet sich aus einer sich gabelnden Papillarlinie oder aus zwei auseinanderlaufenden Papillarlinien und einer dritten Papillarlinie, die aus einer anderen Richtung kommt und konvex zu den anderen beiden läuft. Der Kern ist wegen seiner großen Variation in der Krümmung der inneren Linien schwerer definierbar. Aufgrund dessen wird ein spezifischer Punkt gewählt, an dem sich das Zentrum des Musters befinden könnte und nimmt diesen als Kern. Es ist des Weiteren möglich, die Linienzahl zwischen Delta (äußerer Terminus) und Kern (innerer Terminus) zu bestimmen. Wegen der großen Komplexität der Linien ist eine eindeutige Anzahl der sogenannten Terminuspapillarleisten schwer bestimmbar, aber wenn möglich, sehr aussagekräftig. [Vgl. Steinert-2010, S. 8 f.]

² Leistenhaut ist Haut, die sich nur an den Fingerunterseiten, Handflächen, Zehenunterseiten und Fußsohlen befindet. [URL-4]

Das Schleifenmuster ist das am häufigsten vorkommende Grundmuster. Dabei bilden eine oder mehrere aus einer Richtung kommende Papillarielen eine Schleife und kehren fast parallel wieder in diese Richtung zurück. Diese gekrümmten Papillarielen berühren oder kreuzen die imaginäre Linie zwischen Delta und Kern und weisen Terminuspapillarielen auf. Kommt die Schleife von der rechten Seite und läuft auch wieder nach rechts aus, handelt es sich um eine rechte Schleife und das Delta befindet sich links. Kommt die Schleife von links und läuft auch links wieder aus, handelt es sich um eine linke Schleife und das Delta befindet sich rechts. [Vgl. BSI-2004, S. 10]

Das Bogenmuster ist das am geringsten vorkommende Grundmuster. Bei dem Bogen kann nach zwei Kategorien aufgeteilt werden. Zum einen gibt es den flachen Bogen. Hier treten an der einen Seite die Papillarielen ein, wellen sich mäßig und nahezu parallel in der Mitte und treten auf der anderen Seite der Fingerspitze wieder aus. Bei dem gewölbten Bogen ist die Wellung in der Mitte etwas stärker ausgeprägt, der Verlauf der Linien ist nicht mehr parallel und ein Teil der Linien drückt scheinbar von unten. Hierbei spricht man auch von einem „Zeltbogen“. Das Bogenmuster weist kein Delta auf. [Vgl. BSI-2004, S. 10]

Bei einem Wirbelmuster verlaufen die Papillarielen in einem kreisförmigen Verlauf um das Zentrum der Fingerkuppe. Es sind zwei Deltas vorhanden. [Vgl. Steinert-2010, S. 12; BSI-2004, S. 10] Aber auch eine Mischung der Muster kann in einem Fingerabdruck vorhanden sein und lässt keine allgemeinen Sätze festlegen.



Abbildung 1: Grundmuster der Ebene 1 [Vgl. vanDam-2014]

In der Ebene 2 werden die anatomischen Merkmale, sogenannte Minutien, feinere Merkmale in den Papillarielen, analysiert. Es können unter anderem Gabelungen, Endungen, Punkte, Haken oder Seen vorhanden sein (siehe Abbildung 2). [Vgl. Sonderegger-2012, S. 63] Darüber hinaus werden zusätzlich Falten, Furchen und Narben der Haut in die Untersuchung einbezogen. Furchen sind stark ausgeprägte Oberflächenvertiefungen der Leistenhaut. Diese stehen im Zusammenhang mit Bewegungsmechanismen der Hände und Füße. In Abdrücken werden Furchen als weiße Linien abgebildet. Typisch sind unter anderem die Furchen zwischen den Finger- und Daumengliedern, Fingerwurzelfurchen und Handwurzelfurchen. Falten sind dagegen schwach ausgeprägte Oberflächenvertiefungen der Leistenhaut. Auch Falten werden in Abdrücken als weiße Linien abgebildet. Typisch sind unter anderem die Gitternetzfasen, die sich mehr oder weniger auf der ganzen Hand verteilen. Narben sind Veränderung der Hautoberfläche, die sich nach Verletzungen bilden. Sie haben wegen ihrer Individualität einen besonders hohen Identifizierungswert in der Daktyloskopie. Verbrennungen, Schnitt- und Schürfwunden bringen jedoch aufgrund ihrer Bil-

dungswurzeln in der Hautschicht darunter keine permanenten Änderungen in den kompletten Papillarlinienabbildern mit sich. [Vgl. Steinert-2010, S. 12 f.] Außerdem treten Narben und Verletzungen im Verlauf des Lebens zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf, zum Teil auch nur temporär, und können somit sogar gegebenenfalls eine zeitliche Einordnung des Fingerabdrucks geben. Bei Erkennbarkeit des Grundmusters gilt der Identitätsnachweis, wenn acht anatomische Merkmale übereinstimmen. [Vgl. Sonderegger-2012, S. 35] Oft ist es der Fall, dass bei Teilabdrücken dennoch ein Rückschluss auf das Grundmuster gemacht werden kann. Wenn beispielsweise die Andeutung eines Deltas zu erkennen ist, könnte das Bogenmuster bei der Vergleichsarbeit ausgeschlossen werden. Bei Nichterkennbarkeit des Grundmusters werden zwölf Minuten benötigt. Es ist jedoch sicherer auch bei bekanntem Grundmuster zwölf anatomische Merkmale festzulegen. Manche Merkmale sind schwächer ausgeprägt als andere und können so anschließend möglicherweise zu ungleichen Ergebnisse zweier Daktyloskopen oder Systeme führen. Je mehr übereinstimmende anatomische Merkmale, desto genauer das Ergebnis. Auch Narben und andere Verletzungen können zu den anatomischen Merkmalen zählen.

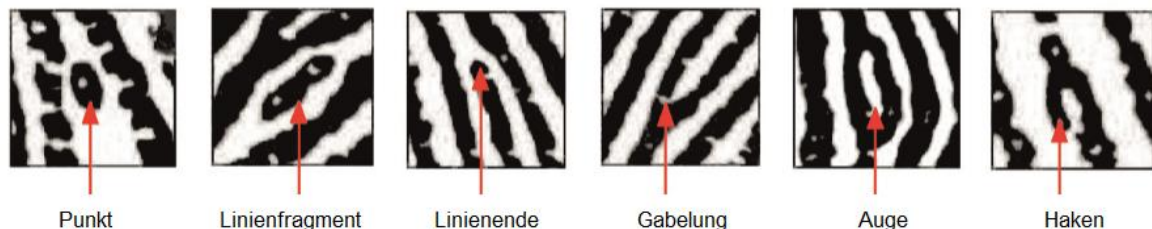


Abbildung 2: Anatomische Merkmale der Ebene 2 [Vgl. vanDam-2014]

Die Ebene 3 wird unter dem Mikroskop sichtbar. Hierbei werden die Poren und Papillarleisten, Kantenverläufe sowie Zwischenleisten genauer betrachtet (siehe Abbildung 3). Vor allem die Anzahl, Verteilung und Lage der Poren, den Austrittsöffnungen ekkriner Drüsen, sind wichtig. Die Kantenverläufe der Papillarleisten weisen ein bestimmtes Profil auf, das von natürlichen Verdickungen und Verschmälerungen, versetzten Poren oder Unterbrechungen geprägt ist. Genau dieses Profil wird in der Ebene 3 betrachtet. [Vgl. Steinert-2010, S.14 f.]



Abbildung 3: Merkmale der Ebene 3 [Vgl. vanDam-2014]

Beim Identifikationsprozess werden in der Daktyloskopie die folgenden Schritte nach dem international standardisierten Verfahren ACE-V (Analysis/Comparison/Evaluation-Verification) durchgeführt. Bei der Analyse (Analysis) findet eine qualitative und quantitative Beurteilung der Merkmale aller drei Ebenen eines Fingerabdrucks statt. Ist der Abdruck von nicht ausreichend guter Qualität, wird dieser verworfen und nicht dem ACE-V Verfahren unterzogen. Es sollten mindestens zwölf anatomische Merkmale erfasst werden. [Vgl.

Steinert.2010, S. 4] Der Vergleich, (Comparison) der bei der Analyse festgestellten Merkmale mit einem bereits erhobenen Vergleichsabdruck hinsichtlich Übereinstimmungen und Abweichungen, findet in diesem Schritt statt. Ziel der Bewertung (Evaluation) ist die Erlangung eines Befundes: Identisch – Nichtidentisch – die Person kann als Spurenverursacher nicht ausgeschlossen werden. Bei der Verifikation (Verification) werden die vorgängigen Schritte (ACE) schließlich durch einen zweiten qualifizierten Daktyloskopen in einer ergebnisoffenen Untersuchung nachvollzogen. Nur für den Fall, dass der zweite Experte das Ergebnis des ersten Bearbeiters bestätigt, wird dieses offiziell. [Vgl. Ashbaugh-1999]

2.2 Die Zusammensetzung

Die Zusammensetzung des Fingerabdrucks ist sehr komplex (siehe Anlagen, Teil 1-b) und wird von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst. Sie variiert nicht nur zwischen den Individuen, sondern auch ständig bei demselben Individuum. [Vgl. Su-2016, S. 2782] Wissen über die Zusammensetzung eines Abdrucks kann zudem nicht nur Informationen über den Spurenverursacher liefern, sondern hilft vor allem bei der Sichtbarmachung von Abdrücken. Je nach Zusammensetzung kann das dafür beste chemische Verfahren angewendet werden, um Abdrücke sichtbar zu machen und so optimale Ergebnisse liefern. [vanDam-2014, Chapter 11, S. 155] Analysiert werden können die Komponenten eines Fingerabdrucks mittels verschiedener Arten der Spektroskopie, des Immunolabelings und vielen anderen Methoden. Dazu aber in späteren Kapiteln mehr.

Ein Fingerabdruck setzt sich aus endogenen und exogenen Bestandteilen zusammen. Der exogene Teil besteht aus Partikeln verschiedener körperfremder Materialien, die durch die Berührung mit diesen Substanzen, wie Essen, Kosmetik, Zigaretten und Drogen übertragen werden. Dazu gehören auch Schussrückstände, Dreck, Blut und andere nicht körpereigene Substanzen. Aussagekräftig ist jedoch auch der endogene Teil des Abdrucks, dem körpereigenen Schweiß, der durch Poren aus der Haut tritt. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 155]

Dieser endogene Teil beinhaltet zum größten Teil den ekkrinen Schweiß, der am ganzen Körper, vor allem an den Händen und Füßen vorkommt. [Vgl. Girod-2012, S. 4] Er besteht zu ~98% aus Wasser und zu ~2% aus organischen und anorganischen Komponenten. Zu den organischen Bestandteilen gehören Proteine, darunter auch Tryptophan beinhaltende Proteine, Polypeptide, Laktate, Urea, Lipide und Aminosäuren, zum anorganischen Teil gehören Chloride, Ammoniak, Natrium, Kalzium, Phosphate und Fluoride. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 1, S.12; Chapter 11, S. 155; Girod-2012, S. 5 f.]

Zum anderen gibt es noch Sekrete der Talgdrüsen, Talg, im Gesicht. Dieser Schweiß befindet sich zwar nicht an den Fingerspitzen, wird jedoch durch die Berührung des Gesichtes auf die Finger übertragen. Talg besteht unter Anderem aus Triglyceriden, Diglyceriden, Fettsäuren, Wachs Ester, Cholesterin, Cholesterin Ester und Squalen. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 1, S. 12; Chapter 11, S. 156] Überwiegend findet man Aminosäuren im Talg, da

diese Abbauprodukte der Triglyceriden durch Bakterien oder Oxidationsprozesse sind. [Vgl. Su-2016, S. 2782; Girod-2012, S. 6 f.]

Zudem gibt es noch den apokrinen Schweiß am ganzen Körper, vor allem in den Achseln und im Genitalbereich, bestehend aus verschiedenen Proteinen, Ammoniak und Lipiden. Der apokrine Schweiß überträgt sich ebenfalls über Berührungen an die Fingerkuppen. [Vgl. Su-2016, S. 2782]

Wenn körpereigene Sekrete im Fingerabdruck vorhanden sind, befindet sich auch DNA in den Abdrücken, die bei jeder Berührung z.B. auf den Spureträger übertragen wird. [Vgl. Nunn-2013, S. 601] Es können kleinste Mengen an Epithelzellen, Schweiß- oder Speicherrückständen oder anderen Körpersekreten im Abdruck vorgefunden werden. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 1, S. 13] Diese weisen meist nur wenig zelluläres Material auf, das aber oftmals trotzdem für die Erstellung eines DNA Profils bzw. eines Teilprofils ausreicht. Für die Extraktion wird kein kompletter Abdruck benötigt, es genügt schon ein Teilabdruck. Dabei werden die DNA Rückstände aus den Fingerabdrücken am Spureträger isoliert, mit der Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) vervielfältigt und anschließend analysiert. Dabei variiert der Ertrag der DNA von 30% bis 100%, je nach verwendeten Verfahren zur Spurensichtbarmachung und des Alters des Abdrucks. Unter optimalen Bedingungen können demnach sogar vollständige DNA Profile aus Fingerabdrücken erhoben werden. Es wurde festgestellt, dass Abdrücke bis zu sieben Tagen nach der Platzierung die besten Resultate erbringen. Die Behandlung mit chemischen Methoden wirken sich meist negativ auf die Extraktion von DNA aus Fingerabdrücken aus. Es ist dennoch möglich, dass nach der Behandlung chemischer Verfahren und Adhäsionsmitteln, wie Rußpulver, bis zu 70% der DNA erhalten bleiben. Zudem liefert die Analyse von Fingerabdrücken hinsichtlich DNA direkt auf dem Spureträger bessere Ergebnisse als auf Spurefolien gesicherte Abdrücke. Im Zusammenhang mit der DNA ist beim Sichern der Fingerabdrücke unbedingt auf die Spurenhygiene zu achten, um so eine Kontaminierung der Fingerspur mit „Fremd-DNA“ zu vermeiden und das Ergebnis nicht zu verfälschen. [Vgl. Kumar-2015, S. 65]

Wie bereits erwähnt, hängt die Zusammensetzung des Fingerabdrucks von vielen verschiedenen Faktoren ab. Diese wird bereits vor der Platzierung des Abdrucks sowie auch nach der Platzierung beeinflusst. Pre-Transfer Faktoren beinhalten den Zustand oder die Gesundheit der Haut des Fingerabdruckgebers sowie die Rückstände auf der Haut. Diese Bedingungen hängen vom Alter, Geschlecht, Beruf, Ernährung, Krankheiten und Medikamentenkonsum ab. Auch Substanzen mit denen die Person zuvor in Kontakt war, wie Handpflegeprodukte, Kosmetika sowie häufiges Händewaschen spielen eine Rolle und verändern die Zusammensetzung. [Vgl. Girod-2012, S. 7 f., S.13]

Die Zusammensetzung variiert nicht nur vor der Platzierung des Abdrucks, sondern verändert sich auch noch danach (siehe Abbildung 4). Entscheidend für die Veränderung der Zusammensetzung nach dem Setzen des Abdrucks ist unter anderem die Oberfläche, auf der dieser sich abgebildet hat. Auf saugenden Oberflächen ist die Veränderung des Abdrucks größer als auf nicht saugenden, weil einige seiner Bestandteile von der Oberfläche

absorbiert³ werden. Vor allem ekkrine Bestandteile werden schnell absorbiert, weil sie einen hohen Wasseranteil aufweisen. Es besteht auch immer die Möglichkeit, dass durch den Kontakt mit Objekten und Substanzen, die Zusammensetzung des Abdrucks kontaminiert und verändert wird. Dazu gehören auch Adhäsionspulver und verwendete Pinsel zur Sichtbarmachung. [Vgl. Girod-2012, S. 14]

Umweltfaktoren wie Temperatur, Licht, verschiedene Strahlungen, wie UV-Strahlung, Feuchtigkeit, Niederschlag und Wind spielen hierbei auch eine entscheidende Rolle. Eine Studie zur Untersuchung von Abdrücken unter verschiedenen Lichtverhältnissen kam zum Ergebnis, dass Fettsäuren in Abdrücken unter dunklen Bedingungen weniger schnell abgebaut werden. Darüber hinaus nahm die Anzahl der ungesättigten C18 Fettsäuren anfangs zu, nahm daraufhin aber sofort wieder ab. Diesen Ablauf, beobachtet über einen Monat, konnte nicht unter hellen Lichtbedingungen festgestellt werden und lässt auf die unterschiedlichen Alterungsprozesse unter verschiedenen Lichtverhältnissen schließen. Cholesterin und gesättigte C16 Fettsäuren nahmen in dunklen Bedingungen ebenfalls signifikant ab. Weitere Studien ergaben, dass die Squalen Konzentration in Abdrücken über 2 Wochen unter hellen Bedingungen ebenfalls stark abnimmt, unterstützt wird dieses Ergebnis durch den Fotooxidationsmechanismus⁴. Zu vermerken ist hierbei, dass die Konzentration unter dunklen Bedingungen auch abnimmt. Squalen ist jedoch nach 9 Tagen unter erhellen Bedingungen nicht mehr nachweisbar, wobei Squalen unter dunklen Bedingungen noch nach 33 Tagen nachweisbar ist. Dies kann ebenfalls auf die Fotooxidation zurückgeführt werden, was in der Bildung von Squalen Monohydroperoxiden und Squalen Epoxiden nach einem Tag resultiert. Studien zu Abdrücken in verschiedenen Temperaturbereichen zeigten einen erhöhten Wasserverlust unter erhöhten Temperaturen. Zudem wurde unter erhöhter Temperatur eine erhöhte thermische Degradation von Aminosäuren festgestellt. Dabei wurden auch Abbauprodukte von Alanin und Asparaginsäure nachgewiesen. Diese Abbauprodukte konnten in anderen Studien als mögliche fluoreszierende Quellen in Abdrücken nach erhöhten Temperaturen identifiziert werden. Eine weitere Studie untersuchte die maximale Temperatur, die ein Fingerabdruck über längere Zeit ausgesetzt werden kann und dennoch eine Sichtbarmachung mit Aminosäure Reagenzien ermöglicht. Es ergab sich eine Temperatur zwischen 20 – 30 °C. Je länger Fingerabdrücke höheren Temperaturen ausgesetzt werden, desto schwieriger ist die Sichtbarmachung. Auch Urea wird bei hohen Temperaturen schneller abgebaut. Saure Salze bleiben dagegen sogar bei Temperaturen bis zu 70°C nachweisbar. Ob Feuchtigkeit sich auf den Wasseranteil in Fingerabdrücken auswirkt ist unklar. Klar ist, dass die Feuchtigkeit den Erfolg von Sichtbarmachungsmethoden beein-

³ Als Absorption versteht man in diesem Zusammenhang die Aufnahme oder das Lösen von Atomen, Molekülen oder eines Ions in einen Stoff. In der Physik ist Absorption das Aufnehmen einer Welle oder Strahlung in einen Stoff. [URL-5]

⁴ Fotooxidationen sind Oxidationsreaktionen (Oxidation = Abgabe von Elektronen eines Atoms/Ions/Moleküls), die durch Licht ausgelöst werden. [URL-6]

flusst. Dies wird jedoch in Verbindung mit der Oberfläche gebracht, anstatt mit der veränderten Zusammensetzung des Abdrucks. Je höher die Feuchtigkeit in der Umgebung, desto schlechter die Qualität des behandelten Abdrucks. Eine Studie ergab, dass Natriumchlorid Salzkristalle bei hoher Feuchtigkeit Wasser in die Papillarleisten des Abdrucks absorbieren können und somit die Ergebnisse von Cyanacrylat Behandlungen aufgrund des erhöhten Wasseranteils negativ beeinflussen. [Vgl. Girod-2012, S.14 ff.]

Darüber hinaus ändert sich ein Fingerabdruck mit der Zeit stetig aufgrund von chemischen, physikalischen und biologischen Prozessen, wie Degradation⁵, Evaporation⁶, Oxidation und Polymerisation⁷. [Vgl. Popov-2017, S. 44] Der Wasseranteil nimmt ebenfalls durch die Verbindung mit anderen flüchtigen Bestandteilen ab. [Vgl. Girod-2012, S.9] So kann der Wasseranteil in einem Abdruck zwischen weniger als 20% und bis zu 99% variieren. [Vgl. Popov-2017, S. 44] Squalen verringern ihre Anzahl rapide und sind oft nach einer Woche nicht mehr nachweisbar. [Vgl. Girod-2012, S. 9] Aufgrund der Verdampfung flüchtiger Bestandteile, trocknen die Papillaren mit der Zeit aus. Die Papillarlinien verdünnen sich und zeichnen sich nur noch brüchig und unregelmäßig aus. Sie verlieren ihre „Klebrigkeit“, Kontinuität und zeigen letztendlich nur noch eine schwache Reaktion mit Adhäsionsmitteln. [Vgl. Pleik-2016] Auf Metallen sorgt der Korrosionsprozess⁸ durch ionische Salze für die ständige Veränderung der Zusammensetzung des darauf platzierten Abdrucks. [Vgl. Popov-2017, S. 45]

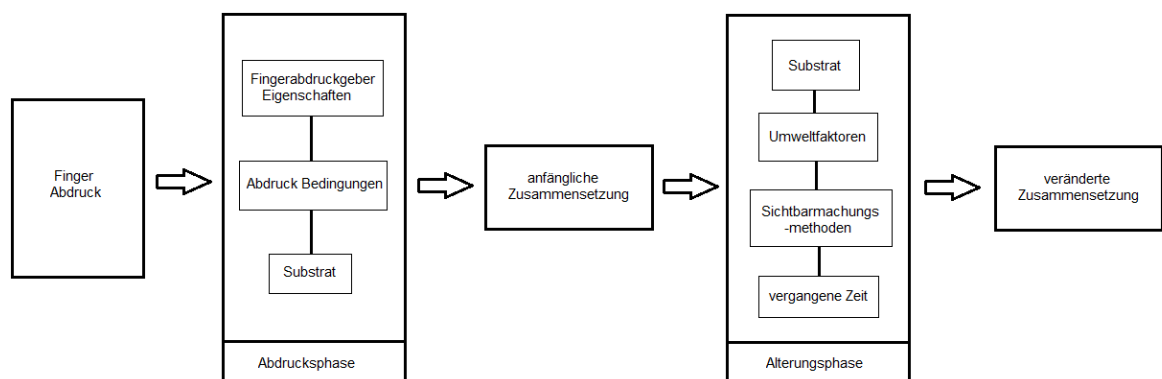


Abbildung 4: Faktoren, die die Zusammensetzung eines Fingerabdrucks in der Abdruck- und Alterungsphase beeinflussen [Vgl. Cadd-2015]

⁵ Die Degradation ist der Abbau/die Zersetzung von Stoffen durch die Zerlegung chemischer Verbindungen [URL-7]

⁶ Unter Evaporation versteht man die Verdunstung flüchtiger Stoffe. [URL-8]

⁷ Polymerisation ist eine Synthesereaktion, bei der monomere Moleküle in polymere Moleküle überführt werden. [URL-9]

⁸ Hier ist die Korrosion die chemische Reaktion des Metalls mit Sauerstoff und Wasser, die eine Veränderung des Werkstoffs bewirkt. Auch bekannt als „Rost“. [URL-10]

Die Nachweisbarkeit von Abdrücken nach der Platzierung hängt folglich von der Zusammensetzung, den Bedingungen unter welchen dieser gesetzt wurde und den Umweltfaktoren, welche nach der Platzierung auf ihn wirken, ab. In einer Studie wurden auf Glas Fingerabdrücke unter normalen Bedingungen sowie vor Wind und Wetter geschützten Bedingungen platziert. Vor allem Ölrückstände von Kartoffelchips konnten in den Fingerabdrücken nach bis zu 2,5 Jahren unter geschützten Bedingungen noch nachgewiesen werden. Auch Sekrete der Talgdrüse und apokriner Schweiß können auf Holz bis zu einem Jahr nachgewiesen werden, ekkriner Schweiß bis zu einem halben Jahr. Auch mit Dreck verschmutzte Fingerabdrücke sind nach einem Jahr noch auswertbar. [Vgl. Bunter-2014] Lang haltbar sind unter optimalen Bedingungen demnach eher die anorganischen Bestandteile, die nach der Platzierung relativ gleichbleiben, während die Mengen der Aminosäuren, Proteine und Urea durch die unterschiedlichen Abbauprozesse abnehmen. [Vgl. Girod-2012, S. 9]

3 Geschichte

In diesem Kapitel wird die Geschichte der Daktyloskopie sowie die Entwicklung bis zu unserem heutigen Klassifizierungssystem beschrieben. Dabei wird auch auf die Personen, die während dieser Geschichte eine wichtige Rolle spielten, eingegangen.

Der Fingerabdruck wurde in verschiedenen Kulturen schon lange vor der Verwendung zu polizeilichen Zwecken als Identifizierungsmittel eingesetzt. Bei Kunstwerken, Protokollen, Urkunden und anderen Dokumenten der Babylonier und später der Chinesen und Japaner setzte man als eine Art Signatur zur Authentifikation seinen Fingerabdruck unter sein Werk. [Vgl. Heindl-1922, S. 33] Da dessen Anfänge weit zurückreichen, wird hier erst auf die Geschichte der Daktyloskopie ab dem 19. Jahrhundert im polizeilichen Zusammenhang eingegangen.

3.1 Anfänge der Daktyloskopie

Dr. Robert Heindl (1883-1958) erkannte als erster Deutscher das polizeiliche Potential von Fingerabdrücken, förderte deshalb die Einführung der Daktyloskopie und später ihre Verbreitung. Er verfolgte die Entwicklung der Daktyloskopie durch seine Weltreise und hielt alle Erforschungen 1922 in seinem Buch „System und Praxis der Daktyloskopie“ fest. [Vgl. Ihmor-2002, S. 1; URL-11]

Den bedeutendsten Meilenstein zur Einführung der Daktyloskopie zu polizeilichen Zwecken setzten die Engländer. [URL-12] William J. Herschel (1833-1917) war 1858 Zivilbeamter in Indien, wo einige Grundkenntnisse der Daktyloskopie schon bekannt waren. Da es bei Pensionsauszahlungen indischer Arbeiter immer mehr Auszahlungen als Arbeiter gab, fing Herschel an, Fingerabdrücke aller Arbeiter auf „Karten“ zu erfassen. Bei Erhalt der Zahlung wurde dies mittels Fingerabdruck quittiert und auf diese Weise konnte Herschel nachvollziehen, wer sein Geld bereits erhalten hatte. Des Weiteren wurde die Registrierung von Fingerabdrücken auch in einem Gefängnis seines Distriktes eingeführt. Hierdurch wurden über viele Jahre tausend verschiedene Abdrücke gesammelt, durch die letztlich die Unveränderlichkeit und Einmaligkeit des Fingerabdrucks nachgewiesen werden konnte. Herschel wurde dabei die Bedeutung des Fingerabdrucks im Sinne der Identifikation klar. Er tätigte daraufhin verschiedene praktische polizeiliche Versuche in Indien und schlug die Einführung der Daktyloskopie für die Gefängnisse in ganz Bengalen vor. Jedoch erfolglos – Herschel erhielt einen ablehnenden Bescheid. [Vgl. Ihmor-2002, S. 1; URL-11]

Unabhängig von Herschel wurde der Physiker und Leiter eines Krankenhauses in Tokyo Dr. Henry Faulds (1843-1930) durch Funde von Fingerabdrücken auf prähistorischen Töp-

ferwaren auf die Daktyloskopie aufmerksam. Er interessierte sich daraufhin für deren ethnologische Unterschiede. Hierfür sammelte er Fingerabdrücke von Japanern und anderen Nationalitäten – darüber hinaus auch von Affen, und untersuchte diese. Besonderes Interesse galt genetischen Verhältnissen der verschiedenen Fingerabdrücke, sowie der Vererbung der unterschiedlichen Muster. [Vgl. Ihmor-2008, S. 1] Bei der Auseinandersetzung mit der Vererbung von Papillarlinienmustern erlangte er allerdings heute irrtümliche Resultate. [Vgl. Heindl-1922, S. 50] Faulds veröffentlichte seine Ergebnisse in einem Artikel „Nature“ und schlug 1880 vor, Fingerabdrücke an Tatorten zur Überführung von Tätern und Entlastung von Verdächtigen zu verwenden. [Vgl. Ihmor-2008, S. 1] Anders als Herschel empfahl Faulds die Erfassung aller zehn Finger, anstatt nur ein oder zwei. Darüber hinaus schrieb er eine Anleitung zur Erfassung von Fingerabdrücken, in der er Druckerschwärze zur Abdrucknahme vorschlug. Herschel hatte zwar seine praktischen Versuche zwei Jahrzehnte früher begonnen und wertvolles Material gesammelt, Faulds jedoch behandelte das Thema großzügiger und lieferte somit wichtige Grundlagen für die späteren Entwicklungen der polizeilichen Daktyloskopie. So haben sich die beiden glücklich ergänzt, um bedeutsame Ansätze für spätere Arbeiten von Galton zu schaffen. [Vgl. Heindl-1922, S. 51 f.; URL-11]

Davor sollte jedoch noch der erste Deutsche erwähnt werden, der 1888 versuchte, die Daktyloskopie bei der damaligen preußischen Regierung im Sinne der Tatortdaktyloskopie einzuführen. Der Berliner Tierarzt Wilhelm Eber (1863-1898) arbeitete bei einem Schlachthof. Durch hinterlassene blutige Fingerabdrücke auf Geschäftsbüchern und Handtüchern, entdeckte er die verschiedenen Papillarlinienmuster und deren Individualität. Eber erkannte das Potential der Muster als Identifizierungsmittel und konnte so die Kollegen ausfindig machen, die die Abdrücke hinterlassen hatten. Seine Idee Fingerabdrücke zur Überführung von Verbrechern einzuführen, wurde vom Ministerium abgelehnt. Mehr Erfolg fand er in seinen sogenannten „Jodogrammen“. Eber entwickelte ein Verfahren latente Fingerabdrücke mittels Jod sichtbar und haltbar zu machen. Diese Jodogramme waren in der Tat lange haltbar, aber das Verfahren zur Sichtbarmachung ist trotz vieler Versuche, vermutlich aufgrund falscher Verfahrensanleitung, nicht wieder so gelungen. [Vgl. Ihmor-2008, S. 1 f.; Heindl-1922, S. 567 ff.; URL-11; URL-12]

3.2 Entstehung der Klassifikationssysteme

Um einen Fingerabdruck kurz, dennoch trotzdem präzise zu beschreiben, entwickelte Faulds ein „Silben System“ zur Klassifizierung und beschrieb es 1880 in seinem Buch. Dabei wurde jede Hand vom Grundsatz her durch fünf Silben und demnach jeder Finger durch eine Silbe klassifiziert. Die Silbe setzte sich aus einem Konsonanten und einem Vokal zusammen, die dem Finger eine Charakterisierung zuwiesen, die aus einer Tabelle

entnommen werden konnte (siehe Tabelle 1). Somit wurde zum Beispiel eine Hand als „RA-RA-RA-RA-RA“ repräsentiert. War ein Fingerabdruck komplexer als eine Silbe konnte diesem Finger auch mehrere Silben zugeteilt werden. 1886 präsentierte Faulds sein Klassifizierungssystem Scotland Yard, dies wurde aber abgelehnt. [Vgl. Barnes-2002, S.5-5 f.]

Der Durchbruch der Daktyloskopie zu polizeilichen Zwecken verzögerte sich weiter, als Alphonse Bertillon (1853-1914), der in der „Identification Division“ der Pariser Polizei arbeitete, zu dieser Zeit die Anthropometrie, ein Körpermessverfahren, ausarbeitete und zur Personenidentifizierung 1882 zunächst in Paris und 1888 in ganz Frankreich einführte. Sein Verfahren, die „Bertillonage“, basiert auf der Einmaligkeit und Unveränderlichkeit der Körpermaße eines Menschen nach dem 21. Lebensjahr. Das Messverfahren umfasste elf Messungen. Dazu gehörten Körpergröße, Armspannweite, Sitzhöhe, Kopflänge und -breite, Jochbeinbreite, Länge des rechten Ohres, des linken Fußes, des linken kleinen Fingers, sowie des linken Mittelfingers und des linken Unterarmes. Bertillon beschäftigte sich zudem intensiv mit der Fotografie von Straftätern. 1883 schuf er ein System zur Identifizierung von Straftätern, bei dem beschreibende Daten wie Größe, Gewicht und Augenfarbe, Körpermale wie Narben, Tattoos und Deformitäten und Körpervermessungen erhoben wurden. Viele Staaten folgten Frankreich mit der Körpervermessung, womit Bertillon eine Grundlage für die Wiedererkennung von Verbrechern geschaffen hatte. [Vgl. Barnes-2002, S. 5-4; Heindl-1922, S. 56 f.; URL-11]

Consonant	Pattern Description
CH	Hook with short leg facing right
J	Hook with short leg facing left
B	Convex bow with left lineation
P	Convex bow with right lineation
T	Pear-shaped, free-floating
D	Pear-shaped, fixed by stem
K	Spindle with one stem
G	Spindled with stems on both ends
W	Clockwise whorl
V	Counter-clockwise whorl
Q	Large circle/oval w/elements
M	Volcanic mountain peak
N	Flag-staff on mountain top
L	Loop with straight axis
R	Loop with curved axis
S	Sinuous with no angles
Z	Zigzag with angularity
X	Nondescript
F	Aspirate used strictly for pronunciation
H	Aspirate used strictly for pronunciation
Vowel	Pattern Description
A	Interior empty, simple
E	Three short ridges/dots
I	Simple detached line/no more than two lines in heart of encircling pattern
O	Small circle/oval/dot in core
U	Fork with 2+ prongs in core
Y	Fork with prongs turning away from concavity

Tabelle 1: Faulds' Beschreibungen der Silben [Barnes-2002]

In London gelang dem Anthropologen Sir Francis Galton (1822-1911) inzwischen die Einführung der Daktyloskopie, jedoch zunächst nur in England. Bei Galtons Interesse für Identifizierungsmethoden lag sein Hauptaugenmerk auf der Daktyloskopie. Er lernte Herschel kennen und führte dessen Studien weiter. Dabei widmete Galton sich vor allem der Frage der Unveränderlichkeit, Einmaligkeit und Klassifizierbarkeit von Fingerabdrücken und veröffentlichte seine bestätigenden Ergebnisse 1892 in seinem Buch „Finger Prints“. [Vgl. Heindl-1922, S. 64; URL-11] In diesem Buch formuliert er ein Klassifizierungssystem, das auf einer alphabetischen Aufzählung der drei Fingerabdruckgrundmustern basiert. Dabei repräsentiert L die Schleife („Loop“), W den Wirbel („Whorl“) und A den Bogen („Arch“). Angefangen mit dem Zeige-, Mittel- und Ringfinger der rechten Hand wurde jedem Finger einer dieser Buchstaben zugeordnet. Darauf folgte der Zeige-, Mittel- und Ringfinger der

linken Hand und danach der Daumen und kleine Finger der rechten Hand gefolgt vom Daumen und dem kleinen Finger der linken Hand. Hätte als Beispiel eine Person, an der rechten Hand bis auf den kleinen Finger nur Wirbel und sonst eine Schleife und an der linken Hand bis auf den kleinen Finger nur Schleifen und sonst einen Wirbel, würde das wie folgt aussehen: WWWLLLWLLW. Dieser „Code“ wurde auf einer Karte erfasst und in das System eingeordnet. [Vgl. Barnes-2002, S. 5-6 f.] Damit legte Galton mit seiner Idee eines Klassifizierungssystems einen wichtigen Grundstein in der Fingerabdruckklassifizierung, erst einmal jedoch nur in kleinen Kreisen, während sich die Anthropometrie auf viele weitere Staaten verbreitete. Da sowohl Bertillons, als auch Galtons Identifizierungsmethode brauchbar waren, wurde 1894 eine Kombination zwischen Anthropometrie und Daktyloskopie in England eingeführt. Dabei wurden 11 Körpervermessungen, eine Frontaufnahme und eine Profilaufnahme des Gesichts sowie 10 Fingerabdrücke erhoben. Dadurch gewann die Polizeifotografie sehr an Wert, da sie nicht nur bei der Tatortarbeit, sondern auch in der Täteridentifizierung eingesetzt werden konnte. [Vgl. Ihmor-2008, S. 2 f.]

Das erste Land nach England, das schließlich das Fingerabdruck-Klassifikationssystem zu polizeilichen Zwecken einführte, war Indien 1897. Dort wurde 1898 der erste Kriminalfall bekannt, bei dem daktyloskopische Spuren als Beweis zur Bestätigung eines Tatverdachts verwendet wurden. [Vgl. Barnes-2002, S. 1-15]

*Der Manager eines Teegartens in Bengalen wurde mit aufgeschlitzter Kehle tot in seinem Bett vorgefunden. Dessen Safe sowie Versandkartons wurden vom Täter entwendet. Unter Verdacht waren unter anderem Verwandte, eine Frau mit der er ein Verhältnis hatte, sein Koch, an dessen Schürze man Blutspritzer vorfand und sein ehemaliger Diener, den er wegen Diebstahls ins Gefängnis gebracht hatte und der seit Kurzem wieder auf freiem Fuß war. Glücklicherweise wurden an einem in der Versandbox befindlichen Kalender braune schwache und verschmierte Teilfingerabdrücke festgestellt. Als Vergleichsfingerabdrücke der Verdächtigen erhoben und mit dem gefundenen Abdruck verglichen wurden, stellte sich heraus, dass es sich hierbei um den Daumenabdruck des ehemaligen Bediensteten handelte. Dieser wurde daraufhin verurteilt, allerdings nur wegen Diebstahls, da die Beweise keine Rückschlüsse auf den Mord zuließen.*⁹ [Vgl. Barnes-2002, S. 1-15]

Einer, der an der weiteren Verbreitung des Fingerabdrucksystems beteiligt war, war Juan Vucetich (1858-1925), Leiter der „Office of Identification“ bei der Polizei in Buenos Aires. Vucetich empfand die Bertillonage als uneffektive Methode zur Identifikation von Kriminellen. Er stieß auf die allgemeinen Ansätze des Klassifizierungssystems von Galton und

⁹ Heute wäre es möglich durch die Situationsspur, falls der braune Rückstand Opferblut gewesen wäre, eine Verbindung zum Opfer herzustellen. Somit könnte der Zeitpunkt der Entstehung, da das Blut vom Opfer stammt und dieser während der Tat blutete, und der Verursacher der Abdrücke, der Täter, zusammengebracht werden. Der Fingerabdruck legt damit nicht nur die Anwesenheit des Täters dar, sondern setzt auch den Zeitrahmen der Entstehung fest.

fürte dieses 1891 weiter aus. In Argentinien wurde 1892 einer der ersten Fälle bekannt bei dem ein Mord mittels daktyloskopischer Spuren gelöst werden konnte. [Vgl. URL-11]

Zwei Kinder wurden ermordet aufgefunden. Die Mutter selbst hatte mit einer Halswunde überlebt. Sie verdächtigte einen Mann, der eifersüchtig sei, da sie ihn wegen eines anderen Mannes nicht heiraten wollte. Als dieser die Tat jedoch nicht gestand, wurde der Tatort nochmals genauer unter die Lupe genommen. Dabei fand man einen blutigen Fingerabdruck an der Tür. Nachdem der Abdruck mit dem Vergleichsabdruck der Mutter verglichen wurde, stimmten diese überein. Die Polizei konfrontierte die Mutter mit dem Ergebnis, woraufhin diese die Morde an ihren eigenen Kindern gestand. [Vgl. Sonderregger-2012, S. 29]

Vucetichs vier-Muster System war eine Erweiterung des drei-Muster Systems von Galton. Vucetich teilte die Schleife in eine innere und eine äußere Schleife. Sein Klassifizierungssystem bestand aus einer allgemeinen und einer näher beschreibenden Klassifikation. Die Allgemeine bestand aus vier einzelnen Buchstaben, die die Daumen repräsentierten und vier einzelnen Nummern, die die restlichen Finger repräsentierten. Das System begann bei dem Daumen der rechten Hand und endete mit dem kleinen Finger der linken Hand. So wird jedem Finger ein Zeichen zugeordnet. Hat die rechte sowie linke Hand nur Bögen, die Ringfinger beider Hände jedoch Wirbel, würde das der Tabelle nach (siehe Tabelle 2) wie folgt aussehen: A1141. Die beschreibende Klassifikation unterteilt die einzelnen Muster in fünf Untertypen, hochgestellte Nummern. Jede hochgestellte Nummer repräsentiert eine zusätzliche Beschreibung des Musters, die aus einer Tabelle entnommen werden konnten (siehe Tabelle 3). Wenn es sich bei dem Muster um einen Schleifentyp handelt, wird die Anzahl der Papillarleisten, die ebenfalls hochgestellt werden und aus einer Tabelle abgelesen werden können (siehe Tabelle 4), ergänzt. Hat eine Person beispielsweise an der rechten Hand nur äußere Schleifen und an der linken Hand nur innere Schleifen würde das ganze nach Vucetich so aussehen:

Pattern	Thumbs	Other Fingers
Arch	A	1
Internal loop	I	2
External loop	E	3
Whorl	V	4

Tabelle 2: Vucetichs Zuteilung der Buchstaben und Nummern nach Mustertypen [Barnes-2002]

Pattern	Superscript	Description
Arch	5	Vaulted/Normal
	6	Left-inclined
	7	Right-inclined
	8	Tent-shaped
	9	All others
Internal loop	5	Normal flow
	6	Invaded
	7	Interrogatory
	8	Hooked
External loop	9	All others
	Designation same as Internal loop	
	5	Normal
	6	Sinuuous
	7	Ovoid
Whorl	8	Hooked
	9	All others

Tabelle 3: Vucetichs sekundäre Klassifizierung [Barnes-2002]

Ridge Count Spread	Superscript Value
1–5	5
6–10	10
11–15	15
16–20	20
Over 20	25

Tabelle 4: Vucetichs Werte für die Anzahl der Papillarleisten [Barnes-2002]

$\frac{E^{(20)} 3^{(10)} 3^{(5)} 3^{(15)} 3^{(10)}}{I^{(10)} 2^{(5)} 2^{(10)} 2^{(10)} 2^{(5)}}$. Er veröffentlichte sein System 1896 und fand in einigen Ländern Anerkennung. [Vgl. Barnes-2002, S. 5-7 ff.]

1901 wurde die Daktyloskopie trotz einiger Schwierigkeiten durch den ehemaligen Polizeipräsidenten Sir Edward Henry (1850-1931) in London als einziges polizeiliches Identifizierungsmittel eingeführt. Henry baute das System von Galton aus und entwickelte ein noch weiter verbessertes Klassifizierungssystem. [Vgl. URL-12] Bei diesem System sollten die erfassten Fingerabdrücke in eine große Anzahl von Gruppen, basierend auf Galtons Fingerabdruck Mustern, aufgeteilt werden. Zunächst wurde dabei jedem Finger, beginnend vom rechten Daumen bis hin zum linken kleinen Finger, ein Primärwert zugeordnet, der einer Tabelle (siehe Tabelle 5) entnommen werden kann. Dieser Wert basiert auf dem Vorkommen eines Wirbels an einem Finger. Weist ein Finger keinen Wirbel auf, wird er mit dem Wert „0“ bewertet. Mit diesem Wert kann nun der „Primary“ bestimmt werden, bei dem im Nenner die Summe der Werte der „ungeraden“ Finger addiert mit eins und im Zähler die Summe der Werte der „geraden“ Finger addiert mit 1 steht. Hätte eine Person an allen Fingern Wirbel würde 32 über 32 stehen. Hätte eine Person Schleifen an dem rechten und linken Zeigefinger und sonst nur Wirbel, würde dies wie in Tabelle 6 aussehen. [Vgl. Barnes-2002, S. 5-8 f.]

Finger	Number	Value if Whorl
Right thumb	1	16
Right index	2	16
Right middle	3	8
Right ring	4	8
Right little	5	4
Left thumb	6	4
Left index	7	2
Left middle	8	2
Left ring	9	1
Left little	10	1

Tabelle 5: Henrys Primärwerte bei Vorhandensein von Wirbeln [Barnes-2002]

Rechter Daumen (1)	Rechter Zeigefinger (2)	Rechter Mittelfinger (3)	Rechter Ringfinger (4)	Rechter kleiner Finger (5)
16	0	8	8	4
Linker Daumen (6)	Linker Zeigefinger (7)	Linker Mittelfinger (8)	Linker Ringfinger (9)	Linker kleiner Finger (10)
4	0	2	1	1

Tabelle 6: Zuordnung der Primärwerte [Vgl. Barnes-2002]

Aus der Tabelle 6 konnte dann der „Primary“ berechnet werden.

$$\frac{1 + (\text{Summe der Werte der geraden Finger})}{1 + (\text{Summe der Werte der ungeraden Finger})} = \frac{1 + 15}{1 + 29} = \frac{16}{30} (\text{Primary})$$

Diese Klassifizierung ermöglichte bis zu 1024 „Primary“ Gruppen. Dazu kam der „Secondary“. Dieser wird durch den zweiten und siebten Finger, dem rechten und linken Zeigefinger, in Großbuchstaben (A für Bogen (Arch), T für „Zeltbogen“ (Tented Arch), R für radiale Schleife (Radial Loop) und W für Wirbel (Whirl)) beschrieben. Um das seltene Vorkommen von Bögen, „Zeltbögen“ und radialen Schleifen an den restlichen Fingern darzustellen, werden diese in Kleinbuchstaben (a, t, r) beschrieben und hinter den „Secondary“

gestellt. Wird der Daumen mit einem Kleinbuchstaben beschrieben wird es vor den „Primary“ gestellt, ansonsten dahinter. Der „Subsecondary“ kommt nach dem Secondary und repräsentiert die Leistenanzahl bei Schleifen oder Wirbel. [Vgl. Barnes-2002, S. 5-9]

Befinden sich an dem rechten und linken Zeigefinger Bögen (AA), an den rechten und linken Mittelfingern sowie Ringfingern ebenfalls Bögen sowie an den rechten und linken kleinen Fingern Zeltbögen (aat aat) und an den Daumen Bögen (aa), besitzt keiner der Finger einen Wirbel und somit ist der Primary $\frac{1}{1}$. Die Klassifizierung sieht wie folgt aus: $aa \frac{1}{1} AA aat aat$. (aa: beide Daumen mit Bögen, $\frac{1}{1}$: Primary, AA: beide Zeigefinger mit Bögen, aat: Mittelfinger, Ringfinger und kleine Finger mit zwei Bögen und einem Zeltbogen)

Dennoch hielt sich in Frankreich zunächst die Anthropometrie, zu der auch Bertillon weiterhin stand. Am 1. April 1903 führte der Polizeipräsident Paul Köttig dann in der deutschen Stadt Dresden, die Daktyloskopie nach dem System Galton-Henry ein. Nach dem Tod Bertillons 1914 gab auch Frankreich schließlich die Anthropometrie auf und verwendete nur noch die Daktyloskopie zur Identifizierung. 1925 verwendeten schlussendlich alle europäischen Länder und einige nicht europäische Länder die Daktyloskopie als Hauptidentifizierungsmittel. [Vgl. URL-12]

3.3 AFIS

3.3.1 Die Entwicklung

Da es nach der Einführung des Galton/Henry Systems unmöglich war Tatortspuren mit der großen Sammlung daktyloskopischer Spurenkarten abzugleichen, stellte das Federal Bureau of Investigation (FBI) 1934 einen Versuch zur Automatisierung des Systems mittels Lochkarten und Sortierungsmaschinen an. Lochkarten sind Datenträger, deren Inhalte durch einen Lochcode abgebildet werden (siehe Anlagen, Teil 2). Dieser wird elektronisch erstellt und verarbeitet. Fingerabdruckkarten sollten in einen Lochkartencode verarbeitet und nach ihrem Inhalt ins System einsortiert werden. Die Sortierungsmaschine könnte demnach Karten mit bestimmtem übereinstimmenden Lochcode zur Untersuchung herausgeben. Das FBI bewertete das Experiment jedoch als erfolglos und gab das System auf. Als in den 1950ern der erste Computer auf den Markt kam, wollte das FBI ein Computerprogramm schaffen, das zur Fingerabdruck Automatisierung dient. Es gab mittlerweile circa 15 Millionen registrierte Personen mit je 10 Fingerabdrücken auf einer Karte im System des FBIs, das sind 150 Millionen einzelne Fingerabdrücke. Diese wurden alle manuell nach dem Henry System klassifiziert. Wurde ein Fingerabdruck zum Abgleich gesucht, musste dies nach Eingrenzung durch das Klassifizierungssystem jedoch manuell durch den Menschen durchgeführt werden, der im Durchschnitt 3,3 Fingerabdruckkarten pro Stunde vergleichen konnte. Aufgrund des wachsenden Systems und den damit einhergehenden benötigten Mitarbeitern musste ein automatischer Ansatz gefunden werden, um eine effiziente und dem wachsenden Datenbestand angemessene Nutzung zu ermöglichen. Dieser Ansatz sollte

jeden Fingerabdruck einer Spurenkarte extrahieren, diese so verarbeiten, dass ein größenreduziertes Template mit charakteristischen Informationen, den anatomischen Merkmalen, mit einer Genauigkeit von circa 0,1 mm, entsteht und schließlich eine Datenbank erstellen, die automatisch Listen mit potentiellen Übereinstimmungen vergleichen kann. In den frühen 1960ern initialisierten das FBI der USA, das Home Office des UK, die Paris Police von Frankreich und die Japanische National Police Projekte zur Entwicklung eines automatisierten Fingerabdruck Identifikations-Systems. Zunächst wurden zwei Ansätze zur Erfassung der Bilddaten eines Abdrucks als vielversprechend empfunden. Einer davon war, einen digitalen Computer zu verwenden, um binäre Pixel zu verarbeiten und Programme zu entwickeln, die Minutien erkennen und vermessen. Ein weiterer Ansatz war, einen speziellen digitalen Prozess zu verwenden, der logisch fest gesetzte Markierungen in Fingerabdruckbildern identifiziert, erfasst und jede Minutie codiert. Derweil wurden auch Algorithmen entwickelt, die Übereinstimmungen zweier Abdrücke feststellen. Diese basieren auf der Verarbeitung und dem Vergleich zweier Listen, die die Lagen der Minutien beinhalten. So entstand Ende der 1960er Jahre ein Prototyp System, das über die Jahre noch einige zusätzliche Verbesserungen erhielt. Es entwickelten sich daraus viele verschiedene Systeme, wie Finder oder das St. Paul System in Minnesota. Städte, Länder und Staaten verwendeten aufgrund der individuellen und nicht einheitlichen Verbesserungen unterschiedlich arbeitende Klassifizierungssysteme. 1980 wurde das Konzept AFIS, ein automatisiertes Fingerabdruck Identifikations-System fertiggestellt. Schon 1981 wurde im Erkennungsdienst eine Namenskartei erstellt und die Fingerabdruckbögen mit Kontrollnummern versehen, gemäß dem AFIS-kompatiblen Standard formuliert, mikroverfilmt und dieser Namenskartei zugeordnet. AFIS revolutionierte die Systeme, da es das letzte papierbasierte Dokument, den Fingerabdruckbogen, digitalisierte. [Vgl. Barnes-2002, S. 5-18 ff.] Das automatisierte System brachte eine kostengünstige Analysemöglichkeit mit weniger personellen Kräften und einem geringeren Zeitaufwand mit sich. 1992 wurden die ersten LiveScan Anlagen (siehe Anlagen, Teil 3) für die Fingerabdruck Abnahme in Europa eingeführt. Sie ersetzen die klassische Abnahme mit Druckerschwärze. Aus den live eingescannten Abdrücken werden informative Daten extrahiert und in das automatisierte Klassifizierungssystem erfasst. [Vgl. Sonderegger-2012, S.56]

Ein an einem Tatort gesicherter Abdruck besteht für gewöhnlich aus fragmentierten Teilen eines einzelnen Fingers. Die Menge der Informationen, die aus diesen Abdrücken gewonnen werden kann sind meist nicht von guter Qualität und oft mit Hintergrund Interferenzen verunreinigt. Ob ein Abdruck auswertbar und vergleichbar ist, entscheidet ein subjektiver Befund eines Experten. Die Chance einen gesicherten unbekannten Fingerabdruck in der Datenbank zu finden, liegt bei circa 70%iger Wahrscheinlichkeit, wobei ein Nicht-Treffer nicht heißen muss, dass sich kein korrespondierender Abdruck in der Datenbank befindet. Je besser der Abdruck, desto höher die Wahrscheinlichkeit für das Auffinden eines übereinstimmenden Abdrucks in der Datenbank. Wiederholte Suchläufe mit unterschiedlichen Variationen des Bildes erhöhen die Chance auf einen Datenbanktreffer. Zusätzlich wurden auch andere Daten, wie erkennungsdienstliche Fotos und personenbezogene Informationen, mit AFIS-Daten verknüpft. Die Identifizierung durch daktyloskopische Spuren war im

Zusammenhang mit der Automatisierung plötzlich um das Dreißigfache gestiegen. Ab 1996 konnte bei neu eingehenden daktyloskopischen Spurenkarten von Tatorten als auch Vergleichsfingerabdrücken, diese nicht nur per Namen im System gesucht werden, sondern direkt per Fingerabdruck Suchlauf. Durch den sofortigen Abgleich kann ein Abdruck sofort identifiziert werden. Die Identifikationszeit von Personen durch den AFIS Service betrug 1997 nur noch wenige Minuten anstatt mehrerer Stunden oder Tage. [Vgl. Sonderegger-2012, S. 56] 1999 wurde zudem das IAFIS, ein Integriertes Automatisiertes Fingerabdruck-System, das die weltweit größte Sammlung an historisch kriminellen Informationen darstellt, eingeführt. Im ersten Anwendungsjahr von IAFIS wurden 14,5 Millionen Fingerabdrücke registriert. Heute vergleicht IAFIS am Tatort gesicherte Abdrücke mit den bereits 70 Millionen registrierten Abdrücken in weniger als 20 Minuten. [Barnes-2002, S. 6-12 ff.]

3.3.2 Die Arbeitsweise

Die einzelnen Arbeitsweisen und Algorithmen die in diesem Abschnitt erläutert werden, repräsentieren nur die typischen Verfahren von AFIS. Es gibt viele Algorithmen verschiedener Systeme, die sich alle untereinander unterscheiden, aber hier nicht erwähnt werden.

AFIS bestand aus zwei voneinander unabhängigen Subsystemen: Einmal dem „tenprint“-Subsystem und dem „latent print“-Subsystem. Die Aufgabe des „tenprint“-Subsystem besteht darin, zu untersuchen ob durch LiveScan oder Fingerabdruckkarten erhobene Fingerabdrücke bereits in der Datenbank registriert sind. Dabei wird meist nur der Daumen oder Zeigefinger der abgenommenen Abdrücke verglichen. Die Fingerabdrücke sind normalerweise von guter Qualität und lassen sich einfach und eindeutig vergleichen, so dass der Vergleich von mehr als zwei Fingern überflüssig ist. Heutzutage ist AFIS in der Lage das Ergebnis einer Suche in einer Million Einträgen in weniger als einer Minute herauszugeben. Das „latent print“-Subsystem gibt Hinweise auf die Anwesenheit einer Person am Tatort mittels der Identifizierung gesicherter Fingerabdrücke an Tatorten. Der Vergleich latenter Abdrücke mit bereits im System registrierten oder anderen latenten Abdrücken ist aufgrund der schlechten und fragmentierten Bildqualität oft zeitintensiver als ein Vergleich zweier bereits registrierter Abdrücke. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-9 f.]

AFIS stellt Vergleiche basierend auf anatomischen Merkmalen an. Hierzu werden die genauen Standpunkte der anatomischen Merkmale sowie deren Art erfasst und verglichen. Dabei werden fünf Prozesse durchlaufen: die digitale Fingerabdruckerfassung, Bildverbesserung, Merkmalsextraktion (Minutien), Übereinstimmungsüberprüfung und Indizierung/Abfrage. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-20 ff.]

Im ersten Prozess, der digitalen Fingerabdruckerfassung, wird der Abdruck mittels LiveScan direkt aufgenommen oder kann mit Druckerschwärze auf Papier abgedrückt und fotografisch erfasst oder eingescannt werden. Auch auf Spurenkarten gesicherte Fingerabdrücke von Tatorten können so erfasst werden. Die Hauptparameter, die ein digitales Fin-

gerabdruckbild charakterisieren sind der Auflösungsbereich, die Anzahl an Pixel, die geometrische Genauigkeit, der Kontrast und die geometrische Verzerrung. Ein LiveScan hängt darüber hinaus von den Erfassungsmechanismen ab. LiveScans können optisch, kapazitiv, thermisch, druckbasiert, mit Ultraschall und vielen anderen Methoden erfolgen, um die Papillarlinien in den Abdrücken zu erfassen. Bei dem Scan eines Fingerabdrucks ist es wichtig zu wissen, was genau untersucht werden soll. Ein kapazitives oder thermisches Bild kann beispielsweise Details wie Poren besser darstellen als Abdrücke mit Druckerschwärze. Während des Scannens wird beim Abrollen des Fingers ein Video aufgenommen, der darauf laufende Algorithmus verbindet die aufgezeichneten Bilder des Videos miteinander und setzt diese zu einem Bild zusammen. Zur korrekten Aufnahme des Abdrucks wird zeitgleich eine Echtzeit Vorschau angezeigt, um gegebenenfalls den Finger für ein optimales Ergebnis nochmals zu korrigieren. Das System teilt die Aufnahme von schlechten Abdrücken sofort mit, sodass diese wiederholt werden können. Die optischen Sensoren sind die meistverwendeten Sensoren, die Abdrücke mithilfe von Licht erfassen. Bei der Beleuchtung des Fingers auf der Glasplatte des Scanners erfasst eine integrierte CCD-Kamera die Reflektionen des Glases. An den Stellen, wo die Papillarleisten auf dem Glas aufliegen, wird das Licht reflektiert, an den restlichen Stellen, den Furchen des Abdrucks geht das Licht hindurch. [Vgl. BSI, S. 3 ff.]

Da Fingerabdruckbilder von verschiedenen Quellen stammen können, weisen diese auch verschiedene Rausch Charakteristiken auf, die im Nachhinein noch bearbeitet und angepasst werden müssen. Des Weiteren lokalisiert der Algorithmus Bereiche mit extrem schlechten Qualitätsmustern und markiert diese. Das Ziel solcher Bildverbesserungen ist es, ein Bild zu erzeugen, das keine künstlich verursachten Papillarlinienmuster zeigt, die später in der Erkennung falscher anatomischer Merkmale resultieren könnten. Rauschen wird durch automatisierte Prozesse unterdrückt und die nützlichen Merkmale hervorgehoben. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-23 f.]

Bei der Merkmalsextraktion werden lokale Singularitäten, die Minutien, in den Fingerabdruckmustern als unterscheidende Merkmale in Fingerabdruckbildern verwendet. Automatisierte Merkmalsextraktionsalgorithmen erfassen nur Endungen und Gabelungen einzelner Papillarlinien, da andere Singularitäten zu schwer zu erkennen sind. Es werden zunächst die Papillarlinien erfasst. Dies erfolgt durch einen Binarisierungsalgorithmus, der das Graustufenbild des Abdrucks in ein binäres schwarz-weiß Bild konvertiert. Dabei entsprechen die schwarzen Pixel allen Erhöhungen. Danach werden die schwarzen Papillarlinien ausgedünnt, um ein feineres Ergebnis mit einzelnen Pixeln zu erzielen (siehe Abbildung 5). Werden die Linien hierbei jedoch zu sehr ausgedünnt,



Abbildung 5: Graustufenbild (a), Binarisierung (b), Ausdünnung (c) und Minutienerfassung (d) [Ferrer-2014]

ist es möglich Minutien zu verlieren. In diesem ausgedünnten Bild werden die Minutien anschließend mit x- und y-Koordinaten erfasst und lokalisiert. Bei Pixeln, die nur einen Nachbarpixel besitzen handelt es sich um Papillarlinienenden, bei Pixeln, die drei Nachbarpixel besitzen, um Gabelungen. Aufgrund des Rauschens in den Bildern werden viele falsche anatomische Merkmale erkannt. Deshalb wird schließlich ein Post-Prozess Algorithmus, der die Korrektheit der Minutien bestätigt oder validiert, angewendet. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-25; BSI S. 9]

Bei der Übereinstimmungsüberprüfung werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede in zwei Fingerabdrücken gesucht. Die Anzahl der übereinstimmenden Minutien, die Ähnlichkeit, die Qualität der Fingerabdruckbilder und widersprüchliche Minutienübereinstimmungen geben Aufschluss über die Similarität der Abdrücke. Ein automatischer Fingerabdruck-Übereinstimmungsalgorithmus arbeitet mit den Ergebnissen des Merkmalsextraktionsalgorithmus und vergleicht die Lagen sowie die Arten dieser Minutien-Sets. Wichtig ist, zu beachten, dass automatische Fingerabdruck-Übereinstimmungsalgorithmen weniger genau sind als gute Daktyloskopen. Bei dem Vergleich von Abdrücken schlechter Qualität können sie dennoch die Arbeit des Experten signifikant verringern, sodass dieser nach einem automatischen Suchlauf nur noch eine kleine Anzahl von Abdrücken genauer vergleichen muss. Die nicht sehr guten Ergebnisse der automatischen Algorithmen lassen sich auf die Variabilität der unterschiedlichen Abdrücke desselben Fingers zurückführen. Diese Variabilität entsteht aufgrund verschiedener Erfassungen des Fingerabdrucks, die aus der Verschiebung, Rotation sowie partialen Überlappung des Fingers, nicht linearen Verzerrungen wegen dem Abdrücken des dreidimensionalen Fingers auf eine zweidimensionale Oberfläche, dem Druck, dem Hautzustand, der Entstehung von Rauschen im Bild und Fehlern des Algorithmus. Der Fingerabdruck-Übereinstimmungsalgorithmus soll den Veränderungen aufgrund von Verschiebungen, Rotationen, partialen Überlappungen und nicht linearen Verzerrungen entgegenwirken. Ein Angleichungsalgorithmus korrigiert die zwei Fingerabdruck Sets, sodass die übereinstimmenden Minutien nach den Anpassungen gut korrespondieren. Es wird davon ausgegangen, dass der Merkmalsextraktionsalgorithmus anatomische Merkmale falsch oder gar nicht detektiert hat. Auch das soll durch den Angleichungsalgorithmus kompensiert werden. Es existieren viele solcher Algorithmen. Manche benutzen das Zentrum oder Deltas, um Abdrücke zu korrigieren, andere benutzen punktuelle Musterübereinstimmende Algorithmen, algebraische und operative Forschungslösungen. Nach der Angleichung stimmen die zwei Minutien-Sets wegen kleinen Fehlern im Algorithmus und der nicht linearen Verzerrungen dennoch nicht immer vollständig überein. Danach werden die einzelnen korrespondierenden und nicht korrespondierenden anatomischen Merkmale deklariert. Schließlich berechnet ein Algorithmus die gewonnenen Ergebnisse in einen „Matching Score“. Der „Matching Score“ lässt Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit des Algorithmus und die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um Abdrücke vom selben Finger handelt, zu. Je höher der „Matching Score“, desto größer die Wahrscheinlichkeit. Auch hier gibt es verschiedene Algorithmen. Die einfachsten zählen nur die Anzahl der korrespondierenden Minutien normalisiert auf die Gesamtzahl der beiden Minutien-Sets in dem übereinstimmenden Bereich. Komplexe Algorithmen berücksichtigen noch weitaus

mehr Merkmale, wie den Bereich der Übereinstimmungen, die Qualität der Abdrücke, Distanzen zwischen den übereinstimmenden Minutien, die Qualität der einzelnen Minutien und viele andere Features bei ihrer Berechnung. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-27 f.]

Der im vorigen Abschnitt erläuterte Fingerabdruck-Übereinstimmungsalgorithmus hat die Aufgabe, mehreren, bis zu zehn Abdrücken der zehn Finger einer Person, mit Abdrücken aus der Datenbank zu vergleichen. Der Vorgang, in einer großen Menge von Fingerabdrücken nach Übereinstimmungen zu suchen, ist auch für automatisierte Algorithmen sehr zeitaufwändig. Deshalb wurden Indexierungen und Abfrage-Algorithmen entwickelt, um schnellere Suchen zu ermöglichen. Solche Algorithmen klassifizieren Fingerabdruckbilder in die typischen fünf Klassen: linke Schleife, rechte Schleife, Wirbel, Bogen und „Zeltbogen“, basierend auf den Fingerabdruckmerkmalen, die automatisch aus dem Bild extrahiert wurden. Die Fingerabdruckmuster-Klassifizierung kann durch die Charakterisierung von Regionen in Fingerabdrücken, die bestimmte Formen aufweisen, erfolgen. Die einzelnen Formen, wie Deltas oder Zentren, in einem Fingerabdruckbild erkennt ein Algorithmus basierend auf einem Fingerabdruck Orientierungsbild. Bei einem regelbasierten Klassifikationssystem werden zunächst die Singularitäten detektiert und daraufhin ein Set aus Regeln, die das Muster des Abdrucks erfassen, angewendet. Die Regeln besagen, dass bei Bögen generell keine Zentren vorhanden sind, Schleifen ein Zentrum und ein Delta aufweisen und Wirbel zwei Zentren und zwei Deltas haben. Die Abdrücke in der Datenbank mit denselben Mustern werden in einen Index eingeteilt, damit bei späteren Vergleichen nicht alle Abdrücke verglichen werden müssen, sondern nur die in einem Index. Das ist ein effektiver Weg, um das Datenvolumen, das bei einer Abfrage an das System gesendet wird, sowie die Antwortzeit des Systems zu minimieren. Fehler in der Indizierung können fatale Folgen haben. Wird ein Abdruck falsch indiziert, werden Abdruck Abfragen mit dem falschen Index verglichen und liefern demnach keine Ergebnisse. Eine Bestätigung für die automatisch bestimmten Fingerabdruckindexe wäre nützlich, um vor allem die Klassifizierungen zu bestätigen, bei denen der Algorithmus Schwierigkeiten aufweist. Die meisten der neuen automatischen Fingerabdruck Klassifizierungsalgorithmen verwenden keine eindeutigen Indexe mehr, sondern kontinuierliche Klassifizierungen, die bei manuellen Prozessen nicht intuitiv vorgehen, sondern für automatische Suchalgorithmen zugänglich sind. Bei der kontinuierlichen Klassifizierung werden Fingerabdrücke mit numerischen Vektoren versehen, die die Hauptmerkmale zusammenfassen und deren Distanz berechnen. Diese Merkmalsvektoren werden mittels einer Ähnlichkeitserhaltenden Transformation erstellt, sodass ähnliche Fingerabdrücke in naheliegenden Punkten (Vektoren) im multidimensionalen Raum abgebildet werden. Die Abfrage erfolgt durch die Übereinstimmung des zu untersuchenden Abdrucks mit einem aus der Datenbank, anhand deren naheliegenden korrespondierenden Vektoren. Andere kontinuierliche Indizierungsmethoden basieren auf Minutienmerkmalen oder sogar auf Texturmerkmalen. Indizierungen allein sind aber nicht ausreichend, dazu gehört auch immer eine Abfrage Strategie. Eine Abfrage Strategie wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören der Übereinstimmungsalgorithmus, der die Abdrücke verglichen hat, die Genauigkeit und Effizienz des Algorithmus und die Einflüsse des menschlichen Anwenders. Beispielsweise soll die Abfrage beendet werden, wenn der korrespondierende

Abdruck in der Datenbank gefunden oder die komplette Datenbank durchsucht wurde. Abfragen können auch beschleunigt werden, indem diese an mehreren Systemen angewendet werden. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-28 ff.]

Bei der Genauigkeitsüberprüfung fällt auf, dass ein automatisiertes System nicht so genau arbeitet wie ein forensischer Experte. Die Algorithmen für den automatisierten Prozess stehen unter ständigen Kontrollen und Verbesserungen. Vor allem falsche Treffer und falsche Nicht-Treffer werden genauer untersucht, um Fehler im Algorithmus zu beheben. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-31]

Die meisten erfolgreichen Klassifizierungssysteme verwenden eine Kombination vieler verschiedener Klassifikatoren, um die größte Genauigkeit der Ergebnisse und geringste Fehlerquote zu erlangen. [Vgl. Barnes-2002, S. 6-32] Die endgültige Zuordnung der daktylo-skopischen Spur zum Abdruck erfolgt dennoch immer durch den Experten.

4 Die daktyloskopische Spur

Der Fingerabdruck ist einer der wichtigsten Beweise an einem Tatort, da er objektiv die Anwesenheit einer Person und/oder die Berührung eines Gegenstands am Tatort belegt. Fingerabdrücke an Tatorten können patent (sichtbar) oder latent (nicht sichtbar) vorliegen. Besonders auf die Spurensuche sowie spätere Behandlungen eines latenten Abdrucks wird großen Wert gelegt, da diese Ergebnisse ausschlaggebend für polizeiliche Ermittlungen sind. Sichtbare und sichtbar gemachte Abdrücke werden in eine Datenbank aufgenommen, können dort mit bereits erfassten Abdrücken von Personen verglichen werden und so zum möglichen Täter führen.

Mit der Entwicklung der Klassifikationssysteme entwickelten sich auch die Verfahren zur Sichtbarmachung und Sicherung daktyloskopischer Spuren. Zu dem anfänglichen Bepinseln mit Rußpulver kamen neue Adhäsionsmittel, chemische sowie optische Verfahren hinzu, die neue Potentiale ausschöpften. Sie ermöglichten Sichtbarmachungen, die mit den herkömmlichen Pulvern nicht hätten erreicht werden können. Kriminaltechnikern stehen heutzutage eine Vielzahl an verschiedenen Spurensicherungsmethoden zur Verfügung und gehören am Tatort sowie im Labor zur täglichen Routine. In diesem Kapitel werden nur die gängigsten Verfahren zur Spurensichtbarmachung vorgestellt. Es gibt durchaus noch weitere Methoden, die aber nur in seltenen speziellen Fällen zur Anwendung kommen und hier nicht erwähnt werden.

4.1 Übertragung des Fingerabdrucks

Die Übertragung eines Fingerabdrucks kann entweder als Eindruck oder Abdruck erfolgen. Bei einem Eindruck kommt es zu einer Abformung der Leistenhaut in formbares Material, wie nicht getrocknete Farbe oder Dichtmasse. Anderenfalls kann durch die Leistenhaut auch eine Abtragung von Material stattfinden, beispielsweise bei Eindrücken in dünne Farb-, Fett- oder Staubschichten. Bei einem Abdruck werden die an der Leistenhaut befindlichen körpereigenen Substanzen, wie zum Beispiel Hautausscheidungssubstanzen auf eine Oberfläche übertragen. Es können aber auch körperfremde Substanzen, wie Öl, Fett oder andere Flüssigkeiten, die sich an den Fingerkuppen befinden, übertragen werden. [Vgl. URL-14]

Auch die Übertragung wird von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst und variiert somit bei jedem Abbild. Diese Übertragungsfaktoren beeinflussen den Abdruck bei dessen Platzierung und setzen sich aus der Oberfläche bzw. dem Substrat das berührt wird zusammen. Dazu beeinflussen die Textur, Wölbung sowie Form, die Oberflächentemperatur, Verunreinigungen und andere Rückstände auf der Oberfläche den späteren Abdruck. Auch der

Druck der bei dem Setzen eines Fingerabdrucks angewendet wird, gehört zu den Übertragungsfaktoren. Stark abgedrückte Fingerabdrücke zeigen bessere Abbilder als schwach abgedrückte. Des Weiteren beeinflussen Eigenschaften des Spurenverursachers den Abdruck in der Abbildphase. Trockene Hände geben z.B. schlechtere Abdrücke als feuchte. Den entscheidendsten Unterschied machen saugende (durchlässige) und nicht saugende (nicht durchlässige) Oberflächen. Saugende Substrate, wie Papier, Kartonage, Holz und andere Formen von Zellulose, sind absorbierend. Bestandteile des Fingerabdrucks auf saugenden Flächen werden in das Substrat absorbiert und sind langlebig. Um solche Abdrücke sichtbar zu machen, werden am besten Techniken verwendet, die Aminosäuren hervorheben, da diese nicht absorbiert werden und auf der Oberfläche verbleiben. Nicht saugende Substrate sind nicht absorbierend und stoßen Feuchtigkeit ab. Dazu gehören zum Beispiel Glas, Metall, Plastik, lackiertes oder gefärbtes Holz und Gummi. Abdrücke auf solchen Oberflächen sind besonders leicht zu beschädigen, da sie sich auf der äußersten Schicht des Materials befinden. Um diese Abdrücke sichtbar zu machen eignen sich besonders Cyanacrylat und pulverige Adhäsionsmittel. Substrate, die sich nicht eindeutig einordnen lassen sind halb-saugend. Diese Substrate sind teilweise absorbierend, teilweise nicht. Bei diesen Oberflächen handelt es sich um glänzende Kartonagen, glänzende Magazin Cover oder Zellophan und sie müssen mit verschiedenen Methoden behandelt werden. [Vgl. Girod-2012, S. 10 ff.]

4.2 Sichtbarmachungsmethoden

Viele Fingerabdrücke sind latent, nicht sichtbar für das bloße menschliche Auge, und müssen erst einmal gesucht und sichtbar gemacht werden. Der erste Schritt in der Spurensuche besteht hierbei in der Regel im Erstellen einer Hypothese über den vermuteten Tatablauf, um hierdurch Bereiche zu identifizieren, in denen vermutlich Fingerabdrücke durch den Täter gesetzt wurden. Eine zu enge Hypothese kann jedoch auch zum Nichtauffinden von Spuren führen. Die Spurensuche/-Sichtbarmachung kann auf drei Weisen erfolgen: Optisch, physikalisch und chemisch. Ziel dabei ist es, einen Kontrast zwischen den abgebildeten Papillarleisten und der Substratoberfläche zu generieren. Je nach Oberflächenstruktur und Qualität des Fingerabdrucks wird die dementsprechende Methode zur Sichtbarmachung gewählt. [Vgl. Steinert-2010, S. 16] Der Erfolg von optischen Mitteln, Adhäsionsmitteln und chemischen Methoden zur Sichtbarmachung von latenten Fingerabdrücken hängt von verschiedenen Faktoren ab, die die Zusammensetzung und Alterung des Abdrucks beeinflussen. Aber auch die Menge von Adhäsionspulvern sowie chemischen Mitteln beeinflusst die Qualität des entwickelten Abdrucks. Dabei ist manchmal weniger mehr, da zu viel des Pulvers den Abdruck überfüllt und so die Details der Papillarlinien verschwinden.

4.2.1 Optische Methoden

Die optische Spurensuche erfolgt mit speziellen Lichtquellen, z.B. Crime Lite, oder kann sich auch mittels der Lumineszenz¹⁰ und Fluoreszenz der Spuren ereignen. Es wird versucht, die Spur unter dem Einfluss von Licht sichtbar zu machen. Wichtig dabei ist der Beleuchtungswinkel, wie Auflicht – direkt oder Schräglicht, Gegenlicht oder Durchlicht, die Lichtintensität, das Lichtspektrum, weiß, farbig oder nicht sichtbar sowie der Betrachtungswinkel und -filter. Bei der Bestrahlung des Abdrucks kommt es auf das Zerstreuen des Lichts im Abdruck an. Vor allem auf glänzenden Oberflächen wie Glas, Plastik oder polierten Metallen können so latente Abdrücke gut sichtbar gemacht werden. [Vgl. URL-14]

4.2.2 Physikalische Methoden

Bei den physikalischen Adhäsionsverfahren wird meist mit pulverförmigen Substanzen gearbeitet, die an feuchten, fettigen oder elektrostatisch geladenen Bestandteilen einer Fingerabdruckspur haften und diese so sichtbar machen. Wenn ein Pulverpartikel an seiner Unterseite von einem Fingerabdruckbestandteil angefeuchtet wird, entsteht eine Wölbung des Meniskus¹¹, das zu einer Druckdifferenz innerhalb des Fingerabdruckbestandteil Tröpfchens und der Adhäsion des Partikels führt. Zusätzlich kommt es durch das Wasser und Fett des Abdrucks und das damit verbundene Anfeuchten der Partikeloberfläche und das Formen kapillarer Kräfte mit den Partikeln, zu mechanischen Adhäsionen der Partikel. [Vgl. Dorakumbura-2016, S. 17] Je nach Oberflächenbeschaffenheit kommen verschiedene Adhäsionsmittel mit unterschiedlichen Eigenschaften zum Einsatz, die entweder trocken (Einstäuben) oder flüssig (Suspension) sind. [Vgl. URL-14] Die meisten Adhäsionsmittel bestehen aus zwei grundlegenden Elementen, die eine Sichtbarmachung ermöglichen: Farbpigmente und Bindemittel. Die Farbpigmente sorgen für eine effektive Visualisierung des Abdrucks, während das Bindemittel für eine maximale und präferentielle Adhäsion an die Bestandteile des latenten Abdrucks sorgt. Bei der Verwendung einer erhöhten Menge an Adhäsionsmitteln, ist es jedoch möglich den Hintergrund miteinzufärben und so den Abdruck unbrauchbar zu machen. [Vgl. Barnes-2002, S. 7-11]

Gebräuchliche Pinsel bei Adhäsionsverfahren sind der Zephir-Pinsel aus feinen Glasfasern, der Marabu-Federpinsel aus feinen Marabu Daunen, der Fehhaar-Pinsel aus Eichhörnchenhaaren und der Magnetstab. Je nach Oberflächenbeschaffenheit wird der dementsprechende Pinsel verwendet. Mit pulverförmigen Adhäsionsmitteln werden meist nicht saugende Oberflächen bearbeitet. Bei saugenden Oberflächen wird beispielsweise mit dem

¹⁰ Lumineszenz bezeichnet das Aufleuchten einer Substanz unter Energieeinwirkung. Bei dem Aufleuchten durch Einfall von Licht, - UV- oder Röntgenstrahlung spricht man von Fluoreszenz. [URL-13]

¹¹ Ein Meniskus ist eine Wölbung in der Oberfläche einer Flüssigkeit. [URL-15]

Magnetstab bestäubt, um so wenig Reibung wie möglich zu erzeugen. [Vgl. Steinert-2010, S. 20; URL-14]

Als magnetisierbare Adhäsionsmittel sind reines Eisenpulver, ein mattgraues Pulver mit guten Reflexionseigenschaften, mit Farbstoffen angereichertes Eisenpulver, wie Magna Brush und Manifer/Mazifer, ein braunes magnetisierbares Pulvergemisch aus Mangan, Zink und Eisen, anwendbar. Diese Gemische sind sowohl als magnetisierbare als auch nichtmagnetisierbare Adhäsionsmittel einsetzbar und können deshalb mit einem Magnetstab sowie anderen Pinseln angewendet werden. [Vgl. Steinert-2010, S.19; URL-14]

Rußpulver, ein industriell hergestellter, pulverisierter Kohlenstoff, als nichtmagnetisierbares Adhäsionsmittel eignet sich besonders für helle Oberflächen. Latente Fingerabdrücke färben sich nach der Behandlung schwarz. Das nichtmagnetisierbare Adhäsionsmittel Argentorat, ein silberfarbiges, industriell hergestelltes Aluminiumpulver mit sehr hohem Feinheitsgrad, eignet sich für glatte, polierte Flächen und ältere Spuren. [Vgl. URL-14]

Auch Bi-Chromatische Adhäsionsmittel können bei der Spurensichtbarmachung angewendet werden. Diese sind Kombinationen aus verschiedenfarbigen Pulvern, die magnetisierbar oder nicht magnetisierbar sein können. Sie bieten den Vorteil, auf verschiedenfarbigen Oberflächen jeweils den Abdruck kontrastreich erscheinen zu lassen. Bei Spurentägern mit störenden Hintergründen mit verschiedenen Farben und Mustern kommen lumineszierende Adhäsionsmittel zum Einsatz. Lumineszierende Pulver werden wie andere Adhäsionsmittel auf die Spur aufgetragen und anschließend bei Dunkelheit unter verschiedenen forensischen Lichtquellen betrachtet. Fluoreszierende Pulver bestehen dabei aus einem in Binder gelösten Laserfarbstoff und sind unter UV-Licht sichtbar. [Vgl. URL-14]

Flüssige Adhäsionsmittel, Suspensionen, eignen sich besonders für Spuren auf Klebeflächen, wie Klebebändern oder -folien oder nass gewordenen, nicht saugenden Spurentägern. Der Spurentäger kann hierbei mit der Gebrauchslösung bepinselt oder in diese getaucht werden. Bei der Verwendung schwarzer Adhäsionsmittel, wie Molybdändisulfid erscheint der Abdruck nach der Behandlung dunkel. [Vgl. URL-14]

4.2.3 Chemische Methoden

Können Abdrücke an Tatorten nicht mittels physikalischer Methoden sichtbar gemacht werden, werden die Spurentäger im Labor mit chemischen Methoden behandelt. Für die chemische Spurensichtbarmachung können viele Verfahren angewendet werden.

Zur Sichtbarmachung daktyloskopischer Spuren auf nicht saugenden Oberflächen werden die Spurentäger mit Cyanacrylat bedampft. [Vgl. URL-14] Bei Cyanacrylat handelt es sich um den sogenannten Sekundenkleber. Unter erhöhter Luftfeuchtigkeit wird dieser in einem Spezialschrank erhitzt. Die dabei entstehenden Dämpfe verbinden sich mit den Aminosäuren in den latenten Fingerabdrücken. Dabei lagern sich Cyanacrylat Ester Monomere im

Dampf an den Aminosäuren des Abdrucks ab. An diesen am Abdruck haftenden Monomeren binden sich weitere Monomere des Cyanacrylats. Dieser Vorgang der Polymerisation wiederholt sich so oft, bis das Cyanacrylat vollständig verdampft ist bzw. das optimale Ergebnis des Abdrucks erreicht ist. Auf den Spuren entsteht ein weißer Niederschlag. Die Spuren lassen sich unter verschiedenen Lichtquellen optimal betrachten. Die Behandlung mit fluoreszierendem Cyanacrylat kann vor allem unter Betrachtung mit UV-Licht optimierte Ergebnisse liefern. Um mit Cyanacrylat sichtbar gemachte Spuren zu kontrastieren, dienen die Fluoreszenzmittel Basic Yellow und Basic Red. Mittels Lumineszenz-Fotografie erscheint die Spur gelblich. Gentian Violett kann ebenfalls zur Kontrastierung verwendet werden. Es reagiert mit den Fettsäuren und Lipiden und ermöglicht eine genauere Sichtbarmachung der Papillarlينien. Vor allem auf der klebrigen Seite von Klebebändern findet Gentian Violett Anwendung. Die Spur erscheint daraufhin blauviolett. [Vgl. Stefanie-2016, S. 83; URL-14]

An manchen Tatorten kommt der Super Fume zum Einsatz. Der Super Fume ermöglicht es ganze Räume und Fahrzeuge mit Cyanacrylat vor Ort zu bedampfen. Er besteht aus einem Luftbefeuchter, Verdampfern und einem Aktivkohlefilter, der nach der Bedampfung die Luft wieder reinigt. Dabei wird der ganze Raum bzw. das komplette Fahrzeug verschlossen und die Luftfeuchtigkeit auf 80% erhöht. In den Verdampfern wird das Cyanacrylat bis zum Verdampfen erhitzt und im Raum verteilt, wo es den schon beschriebenen weißen Belag auf der Spur bildet.

Trockene, saugende Spureenträger, wie Papier werden in Ninhydrin oder Indandion/Zink getaucht oder damit besprüht, wobei eine Reaktion mit Aminosäuren des Fingerabdrucks stattfindet. Hierbei ist wichtig, dass die Reagenzien unspezifisch mit vielen Aminosäuren reagieren, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Mit Ind/Zn sichtbar gemachte Abdrücke können daraufhin mithilfe der Lumineszenz betrachtet werden. Diese erscheinen hell auf rötlichem Hintergrund. Im Tageslicht kann eine schwach rosa oder rote Farbreaktion beobachtet werden. Nach der Behandlung mit Ninhydrin erscheinen Fingerabdrücke violett. [Vgl. URL-14] Sogar auf Steinen kann mittels der Besprühung mit Ninhydrin der Nachweis latenter Abdrücke erfolgen. [Vgl. Hefetz-2015]

Die Bedampfung mit Jod eignet sich für frische Fingerabdrücke auf saugenden und nicht saugenden Spureenträgern. Dabei lagern sich die Jodmoleküle an die Fettsäuren der Spur an und es kommt zu einer Braunfärbung des Abdrucks. [Vgl. URL-14]

Aufgesprühtes DFO, 1,8-Diaza-fluoren-9-on, reagiert mit Aminosäuren daktyloskopischer Spuren auf trockenen, nicht feucht gewordenen, saugenden Oberflächen wie Kunstdruckpapier oder Fotopapier. Mit DFO sichtbar gemachte Abdrücke können daraufhin mithilfe der Lumineszenz betrachtet werden. Diese erscheinen hell auf rötlichem Hintergrund. Im Tageslicht kann eine schwach rosa oder rote Farbreaktion erfolgen. [Vgl. URL-14]

Bei nass gewordenen, nichtsaugenden sowie saugenden Spureenträgern bietet sich auch das Tauchen in den physikalischen Entwickler (PD) an. Es können zudem Geldscheine

nach der Behandlung mit Cyanacrylat, DFO und Ninhydrin zusätzlich mit dem PD behandelt werden, um ein noch bessere Ergebnis zu erzielen. Die Spur erscheint grau bis dunkelgrau. Der PD basiert auf einer Redox Reaktion, die Silbermetallionen produziert, die wiederum mit Triglyceriden, Wax Estern und einfach-ungesättigten Lipiden des Abdrucks reagieren und so eine Sichtbarmachung ermöglichen. [Vgl. URL-14; Bécue-2016, S. 27]

Latente Fingerabdrücke auf saugenden Spurentägern, die nass oder nass gewesen sind, können in Oil Red O, ORO, getaucht und so rötlich sichtbar gemacht werden. ORO ist ein lipophiler Farbstoff der Diazo Familie. Es interagiert mit den ungesättigten Fettsäuren und Triglyceriden eines Abdrucks und macht diesen dadurch sichtbar. [Vgl. Bécue-2016, S. 23, URL-14]

Oft werden mehrere Verfahren kombiniert, um ein optimales Ergebnis zur Sichtbarmachung von latenten Fingerabdrücken zu erhalten. Standardmäßig erfolgt eine Behandlung in der Reihenfolge Cyanacrylat – Ind/Zn – Ninhydrin, da in dieser Sequenzabfolge die besten Ergebnisse erzielt werden.

Auch latente Fingerabdrücke auf Waffen können sichtbar gemacht werden. Die Sichtbarmachung ist aufgrund der rauen Oberflächenbereiche schwierig – aber dennoch möglich. Die eigentliche Behandlung mit „Gun Bluing“ beugt bei einer Waffe Korrosion vor. Auf der Waffe entsteht nach dem Eintauchen in die Lösung eine metallisch bläuliche Verfärbung. Dabei lagern sich Selen und Kupfer an die metallische Oberfläche der Waffe. Es finden jedoch keine Ablagerungen an vorhandenen latenten Abdrücken, genauer den Talgsekreten statt. [Vgl. Barnes-2004, S. 7-49 f.] Als Ergebnis erhält man die ausgesparten Fingerabdrücke. Auch die Behandlung mit Cyanacrylat kann zum Erfolg führen, ist aber aufgrund der Oberflächenstruktur der Waffe eher selten der Fall. [Vgl. Rock-2016, S. 8 f.]

4.2.4 Sicherungsmethoden

Die Sicherung von Fingerabdrücken erfolgt mittels Spurensicherungsfolien, transparenten Folien auf weißen Spurenkarten, oder Gelatinefolien, die meist schwarz sind. Auf den weißen Spurenkarten werden dunkel sichtbar gemachte Abdrücke gesichert, auf den schwarzen die hellen Abdrücke. Die Spurensicherung kann des Weiteren digital durch die Fotografie erfolgen. Für die spätere Erfassung in AFIS werden die Spurenkarten/-folien eingescannt. [Vgl. URL-14]

5 Zukunft der Daktyloskopie

Fingerabdrücke waren lange und sind immer noch die Hauptidentifizierungsmittel in der Forensik. Im Laufe der Jahre ergaben sich nicht nur Forschungen in neuen Methoden zur Sichtbarmachung von Abdrücken, sondern auch in vielen weiteren Bereichen, die es ermöglichen aus Fingerabdrücken weitaus mehr Informationen zu erfahren. Diese Entwicklungen öffnen neue Perspektiven, um vor allem mehr über den Spurenverursacher zu erfahren, das Alter eines Abdrucks herauszufinden oder Abdrücke auf herausfordernden Oberflächen nachzuweisen.

5.1 EviScan

Das von der German eForensics GmbH in Koblenz entwickelte Gerät „EviScan“ ist ein berührungsloser Scanner, der Fingerabdrücke auf unterschiedlichen Oberflächen erfassen kann. Wegen der geringen Datensätze zur Bewertung des Systems, können jedoch nur tendenzielle Aussagen getroffen werden.

Das Gerät ist ein großer Schreibtisch mit einem integrierten Rechner. (siehe Anlagen, Teil 4-a) Über der Mitte des Tisches befindet sich der Scankopf. Dieser trägt eine hochauflösende Wärmebildkamera, die diffuse Reflexionen¹² der Infrarotlichtstrahlen des Abdrucks erfasst, verschiedene Lichtquellen (rot, blau, grün) zur individuellen Optimierung der Sichtbarmachung von Fingerabdrücken, eine Bedampfungseinheit, die das zu untersuchende Asservat mit Wasserdampf bedeckt und eine Wärmequelle, Infrarotlicht, die den Wasserdampf sofort wieder verdunsten lässt. Die Steuerung des Scankopfes sowie des Bedampfers erfolgt elektronisch über die Tastatur des Rechners. [Vgl. Herwey-2014, S. 3]

Der Spureträger wird auf die Arbeitsfläche unter die Kamera, die die Reflexions- und Absorptionseigenschaften der Oberfläche und des Abdrucks erfasst, gelegt. Die Infrarot Beleuchtung wird eingeschaltet. Anschließend wird der Kamerakopf mittels der Tastatur über den Spureträger gefahren. Währenddessen erfolgt die Bedampfung mit Wasserdampf und die Aufnahme wird gestartet. Es erfolgt zunächst ein automatischer Vorscan, der alle Fingerabdrücke erfasst. Bei dem nächsten, detaillierten manuellen Scan können über die Software einzelne Bilder gesichert werden, auf denen ein Fingerabdruck zu sehen ist. Daraufhin können diese über die integrierte Software bearbeiten werden. Das Abbild der Spur kann

¹² Diffuse Reflexionen reflektieren an rauen Oberflächen diffus, also nicht regulär. Die einfallenden Strahlen werden aufgrund der unebenen Oberfläche in viele verschiedene Richtungen gestreut. [URL-15, URL-16]

sofort in gewünschte Layouts verarbeiten werden. (siehe Anlagen, Teil 4-b). [Vgl. Herwey-2014, S. 3]

Der EviScan beruht auf modernster Wärmebildtechnik und nutzt die unterschiedlichen Infrarot Absorptions- und Reflexionseigenschaften der Spureträger sowie der Fingerabdruckbestandteile. Diese unterscheiden sich untereinander in ihrer Fähigkeit im elektromagnetischen Spektrum Licht zu absorbieren, zu reflektieren oder emittieren. Der Scanner nutzt die Temperaturmessung von Oberflächen und kombiniert dabei optische und physikalische Verfahren ohne jegliche Vorbehandlungen der Spureträger. [Vgl. Werner-2015, S. 9]

Dabei ergaben sich folgende Vorteile und Nachteile des Scanners.

+	-
Zerstörungsfrei → Erhalt des Asservates, besonders teurer und elektronischer Asservate	Scan nur auf flachen (1-2 mm Höhenunterschied), glatten und nicht oder wenig saugenden Oberflächen ohne Reflexionskanten möglich
Nicht gesundheitsschädlich	Hoher Zeitaufwand (im Vergleich zu Ind/Zn)
Berührungslos und ohne Chemie → DNA bleibt erhalten	Manuelle Bedienung und Ausrichtung des Bedampfers
Erfassen von Fingerabdrücken die mit herkömmlichen Verfahren nicht gefunden werden	
Erfassen von Fingerabdrücken auf stark gemusterten Oberflächen	
Nach Scan weitere Untersuchungen möglich (Cyanacrylat, Ninhydrin, ...)	
Direkte Digitalisierung und Erstellung von Spurenkarten	
Sofortige Bearbeitung des Abdrucks durch integrierte Software möglich	
Alle Arbeitsschritte an einer Station	
Keine Wartezeiten (wie bei Bedampfung mit Cyanacrylat)	
Fingerabdrücke unter Staub-/Rußschicht nachweisbar	

Tabelle 7: Vor- und Nachteile des EviScan

Besonders wegen der guten Ergebnisse auf problematischen Oberflächen, wie stark gemusterte Spurenträger eignet sich der Scanner als Ergänzung und/oder Alternative zur Bestätigung von vorläufigen Ergebnissen in der Kriminaltechnik. Es gibt dennoch einige Punkte, die an dem Gerät verbessert werden sollten, damit sich eine Anwendung lohnt.

Um die ständige Ausrichtung für die richtige Einstellung des Bedampfers und der Wärmequelle zu umgehen, könnten diese fest neben der Kamera verankert werden. Zusätzlich könnte eine mögliche automatische Steuerung dieser beiden Einheiten angeboten werden, um den Aufwand des ständigen manuellen Bedampfens zu ersparen. Durch eine mechanische Lösung für die Beweglichkeit der Lichteinheit, müsste diese nicht mehr per Hand eingestellt und die Spurenträger nicht mehr ständig, für eine bessere Platzierung unter dem Licht, berührt und bewegt werden. Eine integrierte direkte Übermittlung der gefundenen Abdrücke in AFIS wäre ebenfalls zu empfehlen. Außerdem sollten an der Scaneinheit gearbeitet werden, um in Zukunft das Scannen unebener und gewölbter Spurenträger, wie Flaschen zu ermöglichen.

5.2 Das Potential der Spektroskopie/ Spektrometrie

In der Zukunft wird in der Forensik bei der daktyloskopischen Spurensichtbarmachung vor allem Wert auf nicht destruktive Methoden gelegt. Eine Methode ist der berührungslose Scanner, eine weitere bietet die Spektroskopie/ Spektrometrie, die es nicht nur ermöglicht chemische Bestandteile eines Abdrucks zu detektieren, sondern diese auch sichtbar zu machen. Von Vorteil ist es, wenn sich der Abdruck auf einer Oberfläche befindet, die direkt untersucht werden kann und nicht durch Spurensicherungsfolie gesichert werden muss. [Vgl. Henry-2017] Dabei wird das Risiko verringert, Abdrücke durch die Adhäsions- und chemischen Verfahren zu zerstören oder zu kontaminieren. Die Techniken der Spektroskopie werden jedoch wegen ihrer hohen Kosten noch kaum in der Forensik eingesetzt. Es liegt noch ein großer Unterschied zwischen forensischer experimenteller Forschungen und forensischer Praxis. Die meisten dieser Methoden wurden darüber hinaus noch gar nicht zur Anwendung bei Fingerabdrücken validiert. Es wurden lediglich Prinzipien der Techniken demonstriert und deren Potentiale aufgezeigt.

5.2.1 Spektroskopie

Bei der Spektroskopie handelt es sich um Verfahren, die Spektren nach bestimmten Eigenschaften, wie Energie und Masse untersuchen. Ein Spektrum ist eine Darstellung der Intensitätsverteilung einer Strahlung in Abhängigkeit ihrer Frequenz, Wellenzahl und Wellenlänge. Bei der klassischen Spektroskopie geht es um die Untersuchung der Absorption oder Emission¹³ von Licht der Moleküle und Atome einer Probe. Die Spektroskopie deckt jedoch

¹³ Emission ist hier die Abgabe von Strahlung. [URL-17]

nicht nur den Bereich des sichtbaren Lichts ab, sondern auch die des elektromagnetischen Spektrums. [Vgl. URL-18] Ziel in der Daktyloskopie dabei ist es, aus den gemessenen Spektren der einzelnen Bestandteile des Abdrucks Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung zu ziehen, um Informationen über den Spurenverursacher zu erfahren oder die Altersbestimmung eines Abdrucks zu ermöglichen. Es ist des Weiteren auch möglich durch die verschiedenen Absorptions- und Reflexionseigenschaften die Abdrücke auf den Spurenlägern sichtbar zu machen. In der Daktyloskopie finden vor allem die optische Spektroskopie, die Raman Spektroskopie und die Massenspektrometrie Anwendung.

5.2.1.1 Infrarot Spektroskopie

Die Infrarot Spektroskopie (IR-S) basiert auf den unterschiedlichen molekularen Absorptionseigenschaften der Probe. Die Probe wird hierfür mit elektromagnetischen Wellen bestrahlt, wobei bestimmte Frequenzbereiche absorbiert werden. Die Absorption führt zu Schwingungsanregungen der Molekülbindungen, die sich in Form von Ausschlägen im Spektrum darstellen. So können durch die bestimmten Energien bzw. Frequenzen, die für die jeweiligen Bindungen charakteristisch sind, die chemischen Bestandteile analysiert werden. Aus diesen kann beispielsweise auf die Verwendung von Kosmetika geschlossen werden. [Vgl. URL-19; vanDam-2014, Chapter 11, S. 171]

Bei der IR-S wird oft auch die Fourier transform (FT) angewendet. Mithilfe von Interferometern werden hierbei die IR-Spektren erfasst. Ein Interferometer stellt Interferenzen, Überlagerungen, von Lichtquellen fest, indem zwei Lichtbündel mittels Spiegel in unterschiedliche optische Bahnen geführt werden, dann von weiteren Spiegeln reflektiert und wieder zusammengeführt werden. Durch die Lichtstrahlen entsteht ein Interferenzmuster, das sogenannte Interferogramm. Dieses wird durch die Fourier-Transformation in ein Spektrum umgewandelt. Aus den unterschiedlichen Spektren lassen sich die chemischen Bestandteile schließen und z.B. Rückschlüsse auf das Alter des Spurenverursachers zu. [Vgl. URL-20]

5.2.1.2 Raman Spektroskopie

Die Raman Spektroskopie (RS) ist eine spektroskopische Technik, die schwingende, rotierende und andere niedrig-Frequenz Modi in Molekülen erhebt. Dabei wird der Analyt¹⁴ mit monochromatischem Licht bestrahlt, das zu inelastischen Streuungen¹⁵ des Lichts an den Molekülen führt. Aus den erhaltenen Spektren lassen sich Rückschlüsse auf die Zusammensetzung eines Abdrucks schließen. [Vgl. URL-22; vanDam-2014, Chapter 11, S. 172]

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Raman Technik auch Substanzen erfasst, die unter einer Schicht von Spurensichtbarmachungsmitteln wie Cyanacrylat liegen. Sogar

¹⁴ Der Analyt beinhaltet die Stoffe, die in einer Probe analysiert werden sollen. [URL-24]

¹⁵ Bei un-/inelastischen Streuungen von Licht verändert sich die Summe der kinetischen Energie aufgrund der Verwendung als Anregungsenergie oder für Ionisationsvorgänge nach der Streuung. [URL-21]

durch Spurensicherungstüten und -folien kann spektroskopiert werden. Das Problem dabei ist, dass manche Spurensicherungsfolien bei der Analyse eine Hintergrundfluoreszenz aufweisen, die das Raman Spektrum stören kann. Des Weiteren ist die schwingende Spektroskopie wie die RS, sehr kostenintensiv und benötigt hochstabile Laserquellen und sensitives Equipment, um die schwachen Signale zu erfassen. Mit RS können unter anderem Partikel explosiver Stoffe, Drogen und weiteren exogenen Substanzen in Fingerabdrücken festgestellt werden. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 172; Su-2016, S. 2785]

5.2.2 Massenspektrometrie

Die Massenspektrometrie ist ein Verfahren zur Messung der Masse bzw. Menge der Moleküle oder Atome in einer Materialprobe. Dazu wird die Probe zunächst in der Ionisationsquelle ionisiert. Die entstandenen Ionen werden dann mithilfe eines elektrischen Feldes in den Analysator geführt, wo diese nach ihrem Masse-zu-Ladungs Verhältnis (m/z) separiert werden. Danach erfolgt die Registrierung der Ionen im Detektor und die Erstellung des Massenspektrums. Hierbei repräsentieren die Positionen der „Peaks“ die Masse-zu-Ladungs Verhältnisse, während die Höhe der „Peaks“ Informationen über die Häufigkeit der Ionen gibt. Neben der Identifizierung, Charakterisierung und Quantifizierung der Bestandteile eines Abdrucks, kann das Massenspektrometer auch Bilder eines latenten Abdrucks erstellen, wobei für jeden Pixel des Bildes ein Massenspektrum erstellt und der Abdruck so sichtbar gemacht wird. [Vgl. URL-23; vanDam-2014, Chapter 11, S. 164 f.] In der Daktyloskopie kommen unter anderem folgende Verfahren zum Einsatz.

5.2.2.1 MALDI-MS

Ein Verfahren ist die Matrix-assisted laser desorption ionization (- time-of-flight) mass spectrometry (MALDI-(TOF-)MS). Hierbei wird der Analyt mithilfe der Matrix¹⁶ untersucht. Bei Laserimpulsen auf die Probe erfolgt die Desorption. Dabei handelt es sich um die Teilchenablösung der Matrix inklusive der Analytmoleküle von der MALDI Platte. Die Abgabe und Annahme von Protonen wandelt die befreiten Moleküle zu Ionen um, die daraufhin in das Vakuum des Massenspektrometers zur Analyse überführt werden. Dort werden die Masse-zu-Ladungs-Verhältnisse anhand der Messung der Flugzeit (TOF) erfasst. Je stärker dabei ein Teilchen geladen ist, desto schneller bewegt dieses zu dem anders geladenen Pol. Ein Nachteil dieser Methode in der Daktyloskopie ist, dass bekannt sein muss, wo sich der Fingerabdruck auf dem Spurenträger befindet. [Vgl. URL-25; vanDam-2014, Chapter 11, S. 165]

MALDI-MS ist optimal für die Sichtbarmachung schweißreicher Abdrücke auf metallischen Oberflächen, Holz und Leder. Darüber hinaus detektiert MALDI-MS Drogenrückstände und ihre Metabolismen in Fingerabdrücken. Zudem kann mittels der detektierten Bestandteile

¹⁶ Die Matrix bezeichnet die Stoffe der Probe, die nicht analysiert werden sollen. [URL-24]

auch auf das Geschlecht des Spurenverursachers geschlossen werden. [Groeneveld-2015, S. 5 f.; vanDam-2014, Chapter 11, S. 165]

5.2.2.2 SALDI-MS

Bei der Surface-assisted laser desorption ionization-mass spectrometry (SALDI-MS) wird die Matrix bei MALDI-MS durch einer mit speziellen Substraten bedeckte Oberfläche ersetzt. Laser desorption ionization (LDI) ist der Energie-Transfer Prozess, der gasförmige Ionen erzeugt, wenn ein Analyt mit dem Laser bestrahlt wird. Anstatt der Matrix, werden der Probe Partikel, die als Ionen-Emitter dienen, zugefügt. Die entstandenen Ionen werden anschließend wieder dem Massenspektrometer zur Analyse zugeführt. Mit der SALDI-MS können so bestimmte Bestandteile des Fingerabdrucks, wie explosive Rückstände, Drogen und deren Metabolismen, nachdem diese sogar mit magnetisierten karbonschwarzen Silikon Nanopartikeln bepinselt und sichtbar gemacht wurden, nachgewiesen werden. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 167]

5.2.2.3 DESI-MS

Bei der Desorption electrospray ionization-mass spectrometry (DESI-MS) wird ein Lösungsmittel auf die Probenfläche „elektrosprüht“. Dabei werden mithilfe eines elektrisches Feldes geladene, zerstäubte Mikrotröpfchen erzeugt, die auf die Probe gesprüht werden. Die Analytmoleküle werden dabei ionisiert. Anschließend werden diese Ionen wieder dem Massenspektrometer zugeführt und analysiert. [Vgl. Su-2016, S. 2784]

DESI-MS kann für die zweidimensionale Erfassung der chemischen Bestandteile des Abdrucks, für die Erstellung von Fingerabdruckmusterbildern genutzt werden. Zudem ist DESI-MS am besten für den Nachweis von Drogen, explosiven Rückständen und schweißreichen Abdruckresten auf Glas geeignet. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 168]

5.2.2.4 DART-MS

Die Direct analysis in real time-mass spectrometry (DART-MS) ist eine Technik, die auf Wechselwirkungen zwischen Anregungszuständen von Molekülen der Probe und atmosphärischen Gasen basiert. Die Probe wird einem Gasstrom ausgesetzt. Dabei kommt es zu einer Kollision zwischen dem angeregten Gasmolekül und der Oberfläche der Probe, wo ein Energietransfer stattfinden, der zur Ionisation der Probenmoleküle führt, die dann dem Massenspektrometer zugeführt werden. Dem Gasstrom können Feststoffe, Flüssigkeiten sowie Gase ohne zusätzliche Probevorbereitungen ausgesetzt werden. Mittels DART-MS können beispielsweise Essens-Metabolismen und explosive Rückstände detektiert werden. [Vgl. URL-26; vanDam-2014, Chapter 11, S. 167 f.]

5.2.2.5 SIMS

Bei der Secondary ion mass spectrometry (SIMS) wird die Probe mit Primärionen beschossen, um den Analyt zu desorbieren. Bei der Desorption werden Sekundärionen frei, die

dann durch den Detektor und Analysator von den restlichen entstandenen Ionen getrennt und zur Analyse in das Massenspektrometer geleitet werden. SIMS findet in einem Vakuum statt, ist sehr sensibel gegenüber verschiedenen Oberflächen, auf denen sich die Abdrücke befinden. SIMS liefert auf glatten Flächen die besten Ergebnisse und eignet sich besonders für die Visualisierung von Abdrücken sowie der Detektion von Schussrückständen. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 168 f.; URL-27]

5.2.2.6 GC/LC-MS und TLC-MS

Die Chromatografie ist ein destruktives Verfahren zur Auftrennung der verschiedenen chemischen Bestandteile einer Probe. Die bekanntesten Techniken sind die Gas Chromatografie (GC) und die Liquid Chromatografie (LC). In der Chromatografie werden zwei Prozesse durchlaufen: die stationäre Phase und die mobile Phase. Bei der GC ist Gas die mobile Phase. Die Probe wird verdampft, aufgetrennt und fragmentiert. Diese einzelnen Analyt Komponenten verweilen dann je nach Polarität unterschiedlich lange an der stationären Phase, der Trennschicht auf dem Träger, bevor diese mittels des Gases durch eine Röhre, die sogenannte Säule, transportiert werden. Die einzelnen Bestandteile kommen am Ende der Säule mit verschiedenen Retentionszeiten an und können so genau voneinander separiert werden. [Vgl. URL-28] In der LC ist eine Flüssigkeit die mobile Phase, die die einzelnen Bestandteile des Abdrucks durch die Säule transportiert. LC ist eine destruktive Technik, weil Fingerabdrücke zunächst in der Flüssigkeit gelöst werden müssen. [Vgl. URL-29] Bei der GC/LC-MS dient die Chromatografie für die Auftrennung der Probe und das Massenspektrometer sorgt für die anschließende Bestimmung der Komponenten. Besonders eignet sich die Chromatografie in Verbindung mit dem Massenspektrometer zur Bestimmung des Geschlechts des Spurenverursachers als auch des Alters des Abdrucks. . [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 169]

Außerdem gibt es die thin layer chromatography (TLC), die oft mit einem Massenspektrometer verbunden wird. Dabei dient eine dünne Schicht feinkörniges Material als stationäre Phase. Die mobile Phase ist ein unpolares organisches Lösungsmittel. Die einzelnen Analyte des Fingerabdrucks wandern an der TLC-Wand unterschiedlich schnell an das Ende und können so separiert werden. Das anschließende Massenspektrometer identifiziert diese Analyte. Mittels TLC können die detektierten Bestandteile des Abdrucks z.B. Rückschlüsse auf die Ernährung geben. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 170 f.; URL-30]

5.2.2.7 LESA

Die Liquid Extraction Surface Analysis (LESA) ist ein neues Verfahren in der Oberflächen Massenspektrometrie. Die Technik legt ein Lösungsmitteltröpfchen aus einer Pipetten spitze auf der zu analysierenden Oberfläche ab. Das Lösungsmitteltröpfchen erhält den Kontakt zwischen der Oberfläche und der Pipetten Spitze, bevor es wieder aspiriert wird. Dabei wird eine geringe Probe der Oberfläche entnommen und analysiert. Es handelt sich demnach um eine minimal destruktive Technik. LESA kann ein chemisches Profil eines

Fingerabdrucks erheben. Dabei werden nicht nur Aminosäuren, Fettsäuren, Peptide detektiert, sondern auch Drogen und deren Metabolismen sowie Schussrückstände nachgewiesen. [Vgl. Bailey-2016]

5.3 Immunolabeling

Um spezifische chemische Bestandteile in Fingerabdrücken nachzuweisen oder um Abdrücke einfach nur sichtbar zu machen, bietet sich Immunolabeling. 1977 wurde erstmals ein Verfahren angewandt, das die Blutgruppe aus einem Fingerabdruck mit einer „mixed cell agglutination reaction“ (MCAR) Technik, die auf der Verklumpungsreaktion von Blutgruppen-Antigenen, Antikörpern und Indikatorzellen basiert, herausfand. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 175] Daraus entwickelte sich das Immunolabeling, das heutzutage weitaus mehr Informationen liefern kann. Die nicht destruktive Technik nutzt die bestimmten Eigenschaften von Antikörpern, die an die dazugehörigen Epitope auf Antigenen binden, um so einzelne Komponenten nachzuweisen und sogar Abdrücke sichtbar machen zu können.

Das Immunolabeling ist mit vorherigen Behandlungen chemischer Sichtbarmachungsmethoden und Adhäsionsverfahren kompatibel. Vorbehandlungen der Abdrücke beeinträchtigen das Verfahren nicht und machen es deshalb so wertvoll. Auch nach dem Immunolabeling sind weitere Behandlungen möglich. Anwendung findet Immunolabeling besonders auf nicht saugenden Oberflächen wie Plastik, Fliesen, Glas und Tellern. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 175]

Immunolabeling von Antigenen in Fingerabdrücken kann mit verschiedenen Antikörpern erfolgen. Eine Methode ist die Verwendung von ungebundenen Antikörpern. Diese sind an keinen Trägern angebracht. Des Weiteren gibt es Antikörper die mit NPs versehen sind. In diesem Fall können die NPs zusätzliche Eigenschaften, wie einen magnetischen Kern aufweisen und so mehr Detektionsmöglichkeiten bieten. Als weitere Methode gilt die Verwendung von DNA-Aptameren anstatt Antikörpern. Diese sind kurze DNA Stränge, die in der Lage sind, speziell molekulare Ziele zu erkennen und dort anzubinden. [Vgl. Bécue-2016, S. 28]

Die Antigene können unter anderem als Proteine, Peptide, Hormone, Essens- oder Drogen Metabolismen im Abdruck vorhanden sein. Der Abdruck muss zunächst durch „Blocking“ vorbereitet werden, wobei dessen Fähigkeit unspezifisch an Antikörper zu binden gehemmt wird. Danach werden dem Abdruck Primär-Antikörper zugefügt. Wenn das dazugehörige Antigen vorhanden ist, binden die Antikörper daran. Die ungebundenen Antikörper werden

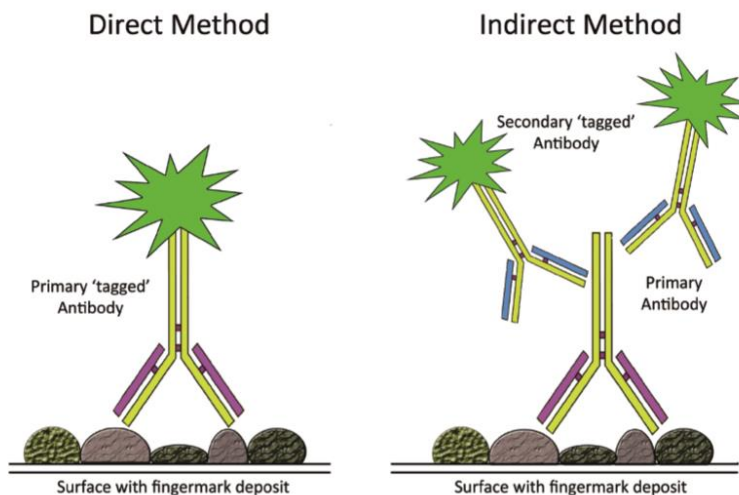


Abbildung 6: Immunolabeling mit primären und sekundären Antikörpern [vanDam-2014]

Methode darstellen (siehe Anlagen, Teil 5). Dieser Vorgang benötigt im Labor circa 30 Minuten. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 174]

Zu späteren Forschungen wurden NPs mit anhaftenden spezifischen Antikörpern verwendet. Demnach können viele verschiedene Stoffe, wie Drogen und deren Metabolismen sowie explosive Rückstände nachgewiesen werden, indem unterschiedlich spezifische Antikörper und/oder Nanopartikel verwendet werden. [Vgl. Su-2016, S. 2786] Bei fortführenden Arbeiten wurden Antikörper versetzt mit magnetischen Partikeln und Protein A/G¹⁷ verwendet, da die Bindung von Antikörpern mit magnetischen Partikeln einfacher sei und diese Partikel sich auch ganz einfach mit einem Magnet wieder entfernen ließen (siehe Abbildung 7). [Vgl. vanDam-2014, Chapter 2, S. 21] An bestimmte Antikörper konnten sowohl primäre Antikörper, als auch die magnetischen Partikel binden und ermöglichten auf diesem Wege optimale Ergebnisse. Des Weiteren wurden Gold Nanopartikel mit Anti-L-Aminosäure Antikörpern versetzt, die in der Lage waren auch alte und degradierte latente Abdrücke auf nicht saugenden Oberflächen sichtbar zu machen. Mithilfe der Natriumdodecylsulfat Polyacrylamid Gel Elektrophorese und Silberfärbungstechniken konnten zudem drei Proteine, Keratin 1, 10 und Cathepsin-D, in Fingerabdrücken nachgewiesen werden. Mit den dazugehörigen Antikörpern der drei

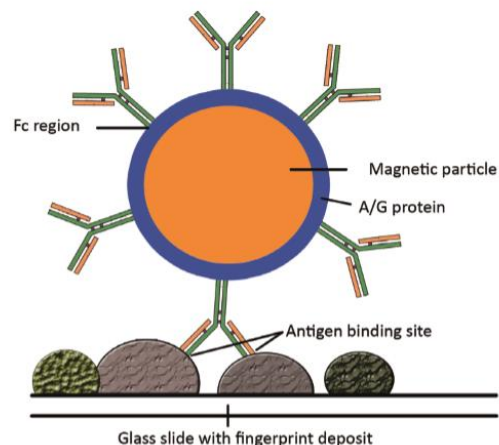


Abbildung 7: Immunolabeling mit Antikörpern versetzt mit magnetischen Partikeln und Protein A/G [vanDam-2014]

¹⁷ Das Protein A/G ist ein künstliches Fusionsprotein aus den bakteriellen Antikörper-bindenden Proteinen A und G. [Vgl. URL-31]

Proteine ist es möglich, latente Abdrücke auf Papier nachzuweisen. [Vgl. Su-2016, S. 2786 f.]

Immunolabeling mittels Aptameren nimmt aufgrund dessen chemischen Synthese an Wert zu. Aptamere können an mehrere Ziele wie Metallionen, Proteine und andere Stoffe binden. Die kurzen einzelsträngigen Nukleotidsäuren können auch Lysozyme in latenten Abdrücken nachweisen. Fluoreszierend gekennzeichnete Aptamere können Abdrücke ganz einfach sichtbar machen und einzelne Bestandteile der chemischen Zusammensetzung nachweisen. Aptamer-gebundene AuNPs können zudem Kokainrückstände in Abdrücken erfassen. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 175; Su-2016, S. 2786 f.]

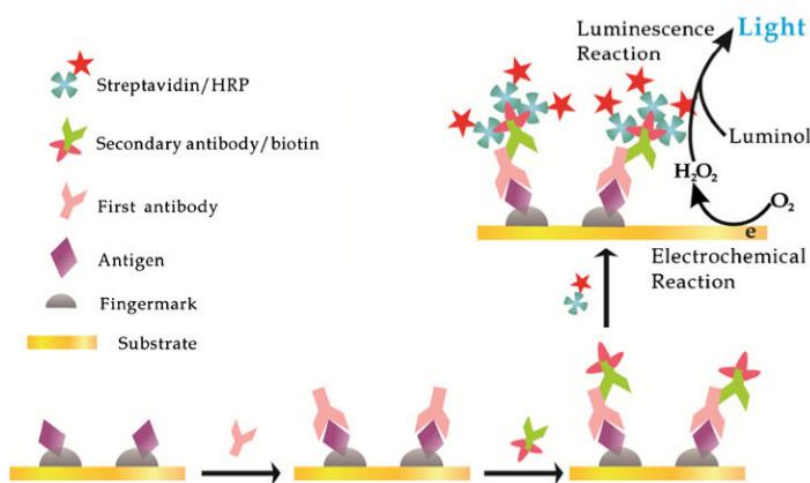


Abbildung 8: Immunolabeling und Elektrochemilumineszenz [Su-2016]

Weitere Forschungen ergaben für den Nachweis von Sekreten in latenten Fingerabdrücken eine Kombination zwischen Immunolabeling und der Elektrochemilumineszenz (ECL), bei der durch eine elektrische Spannung Stoffe miteinander reagieren und dabei Licht emittieren. Dazu werden als erstes die primären Antikörper spezifisch für die

Zielanalyte dem Abdruck zugefügt. Es erfolgt die Inkubation¹⁸ des Fingerabdrucks mit sekundären Antikörpern und Meerrettichperoxidase (HRP) gekennzeichnetem Streptavidin. Die Anwendung von negativer Spannung an der Elektrode mit dem Abdruck, führt zur chemischen Reduktion von gelöstem Sauerstoff zu H_2O_2 . Daraufhin katalysiert HRP die ECL Reaktion von H_2O_2 mit Luminol und erbringt ein ECL Bild des Abdrucks (siehe Abbildung 8). Das ECL Bild reflektiert nicht nur die Papillarlinien, sondern ermöglicht zusätzlich chemische Nachweise für das Vorkommen bestimmter Substanzen. Da die Lichtemission durch die elektrochemische Reaktion ausgelöst wird, lässt diese sich so über die ECL kontrollieren. [Vgl. Su-2016, S. 2786]

¹⁸ Inkubation bedeutet in diesem Zusammenhang das Einwirken lassen von Antikörpern auf ein Substrat. [URL-32]

5.4 Informationen zum Spurenverursacher anhand des Fingerabdrucks

Die chemischen Bestandteile eines Fingerabdrucks beinhalten eine Menge von Informationen des Spurenverursachers. Bei der Analyse dieser Bestandteile des Abdrucks sind jedoch nicht nur die körpereigenen Substanzen informationsreich, sondern können auch körperfremde Komponenten Aufschluss über die Person geben. In der Kriminaltechnik finden solche umfangreiche Analysen aufgrund der Kosten leider noch nicht oft Anwendung. In diesem Kapitel werden lediglich die Möglichkeiten aufgezeigt, die mit der heutigen Technologie erreicht werden können.

5.4.1 Geschlecht

Eine wichtige und grundlegende Information zum Spurenverursacher gibt die Bestimmung des Geschlechts. Fingerabdrücke von Männern sind meist grober und fettiger als die von Frauen. [Vgl. vanDam-2016, S.146] Das Vorhandensein von verschiedenen Fettsäuren an der Hautoberfläche bei Männern und Frauen wurde mittels GC untersucht. Das Ergebnis zeigte einen Unterschied in der Menge der vorhandenen Lipide. Bei Frauen wurden mehr $\Delta 9$ - Typ ungesättigte Fettsäuren, Sterol und Sterol Ester als bei Männern festgestellt. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S.156] Des Weiteren wurde herausgefunden, dass Männer eine höhere Konzentration von gesättigten C15, C16 und C17 Fettsäuren aufweisen. Darüber hinaus wurden in einer weiteren Studie andere Komponenten auf ihr unterschiedliches Vorkommen mittels der GC-MS analysiert. Dabei waren die Werte von Palmitinsäure, Palmitoleinsäure und Ölsäure bei Männern etwas höher als bei Frauen. Im Gegensatz dazu konnte bei Frauen eine höhere Durchschnittsmenge an Aminosäuren als bei Männern festgestellt werden. Da GC-MS jedoch eine destruktive Technik ist und den Abdruck für weitere Analysen unbrauchbar macht, wird FTIR-S oft bevorzugt. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 178]

Mit der MALDI-MS wurden Peptide und kleine Proteine in Fingerabdrücken untersucht. Das Resultat der Studie waren drei Biomarker, die zur Klassifizierung des Geschlechts verwendet werden können: bei Männern SSL-29 sowie LEK-45 und bei Frauen DCD-1L. Diese Marker können beispielsweise für das Immunolabeling verwendet werden, um die bestimmten geschlechtsspezifischen Komponenten zu detektieren. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 178]

In weiblichen Fingerabdrücken liegen darüber hinaus zwei Östrogene, Dienestrol und Diethylstilbestrol in höherer Konzentration vor als in männlichen Fingerabdrücken. Die Bestimmung des Geschlechts auf hormoneller Ebene ist aber wegen der hohen Variabilität nicht sehr zuverlässig. [Vgl. Su-2016, S. 2784]

5.4.2 Alter

Bei Studien zur Bestimmung des Alters wurde sich auf die Analyse der Unterschiede in Lipiden auf der Oberfläche der Haut bei Neugeborenen und bei Jugendlichen im Alter von 17 Jahren mittels MALDI-MS konzentriert. Bei Neugeborenen wurden niedrige Cholesterin Werte gemessen, die auch bis zum neunten Lebensjahr niedrig blieben. Nach dem neunten Lebensjahr stiegen die Cholesterin Werte. Genau anders herum verliefen die Werte von Wachs Estern, die bei Geburt hohe Werte aufwiesen, dann variable Werte zeigten und ab dem sechsten Lebensjahr dann stiegen. Die Werte der Wachs Ester blieben ab dem neunten Lebensjahr schließlich konstant. Auch die Werte der Triglyceride nahmen mit steigendem Alter ab. Die Zahl der freien Fettsäuren nimmt dagegen mit steigendem Alter zu. Bei Neugeborenen wurde nur ein Anteil von 1,5% freier Fettsäuren gemessen, der bis zu fast 20% im Erwachsenenalter zunimmt. Eine geringe Zunahme von Squalen wurden ebenfalls nachgewiesen. 9,9% Squalen bei Neugeborenen stiegen bis zu einem Wert von 12% bei Erwachsenen. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 158]

Bei der Klassifizierung des Alters mittels der chemischen Zusammensetzung eines Fingerabdrucks konzentrierten sich Forscher auf die $\Delta 9$ -Typ ungesättigte Fettsäuren, wie Triglyceride, Wachs Ester und Sterine. Es wurden maximale Werte der $\Delta 9$ -Typ ungesättigten Fettsäuren vor der Pubertät festgestellt, die dann abnahmen und ein Minimum im mittleren Alter erreichten. Danach stiegen die Werte wieder. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Fingerabdrücke von Kleinkindern schon nach 24 Stunden nicht mehr nachweisbar sind, während die von Erwachsenen sehr lange nachweisbar sind. Der größte Unterschied ist die höhere Konzentration volatiler nicht veresterten freien Fettsäuren in Abdrücken von Kindern, bei den Abdrücken von Erwachsenen sind mehr stabile Komponenten wie langkettige Fettsäure Ester vorhanden. Erklärt werden kann dies mit den Talgdrüsen, die im Kindesalter kaum Aktivität zeigen. Nachdem diese Variation in der Zusammensetzung des Talgs im Alter festgestellt wurde, entwickelten Forscher einen weiteren Ansatz zur Bestimmung des Alters des Spurenverursachers. Mit der FT-IR gefolgt von der Partial least square (PLS) Regression kann mithilfe der ermittelten Konzentrationen der volatilen nicht veresterten freien Fettsäuren und der langkettigen Fettsäuren das Alter besser geschätzt werden. Das geschätzte Alter der FT-IR und das wirkliche Alter des Fingerabdruckgebers zeigte lediglich eine Abweichung von 3,6 Jahren. Auch andere endogene Komponenten wie Hormone lassen aufgrund ihrer verändernden Serumlevel Rückschlüsse auf das Alter zu, sind aber bis heute noch nicht vertieft untersucht worden. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 158; Cadd-2015 S.221]

5.4.3 Ernährung

Zudem beeinflusst das Essverhalten die Zusammensetzung des Fingerabdrucks. Mittels TLC in Kombination mit fluoreszierender Spektroskopie stieß man auf zwei Metabolismen von Chlorophyll, Pheophorbide A und Pheophytin. Chlorophyll kommt in grünem Gemüse vor und so kann auf deren Einnahme geschlossen werden. Außerdem wurde Koffein und

dessen Metabolismen nach Kaffeekonsum im Fingerabdruck vorgefunden. Besonders Koffein und der Hauptmetabolismus Paraxenthin wurden mittels eines Massenspektrometers genauer untersucht und konnten nach Kaffeekonsum in erhöhter Konzentration vorgefunden werden. Die erhöhten Werte pendeln sich jedoch nach ca. 8-9 Stunden wieder ein und sind danach nicht mehr nachweisbar. In der Forensik sind die Ergebnisse von nachgewiesenen Koffein Metabolismen leider nicht sehr aufschlussreich, da eine Vielzahl an Menschen täglich Kaffee konsumieren. [Vgl. vanBeek-2015, S. 146]

5.4.4 Drogen- und Rauchverhalten

Mit der Zusammensetzung des Fingerabdrucks kann sogar festgestellt, ob es sich bei der Person um einen Raucher handelt oder diese Drogen konsumiert. Um Raucher von Nicht-Rauchern zu unterscheiden wird die Konzentration von Nikotin und dessen Metabolismus Cotinin im Abdruck betrachtet. Nikotin ist ein Bestandteil von Tabak. Während des Rauchens wird das Nikotin in verschiedene Metabolismen, unter Anderem Cotinin, verstoffwechselt. Durch die Haut wird das Cotinin nun mit dem Schweiß in die Fingerabdrücke gebracht und kann dort nachgewiesen werden. Mittels Immunolabeling und spezifischen Antikörpern zu Cotinin im Abdruck kann herausgefunden werden, ob es sich bei dem Spurenverursacher um einen Raucher handelt oder nicht. Zusätzlich wurden hohe Konzentrationen von den Metabolismen Thiocyanat und Benzoat vorgefunden, die im Zusammenhang mit dem Rauchverhalten stehen könnten, da sie bei Rauchern höhere Werte aufweisen. [Vgl. Su-2016, S. 2783; vanDam-2014, Chapter 11, S. 160]

Andere Drogen und Metabolismen, die in einem Fingerabdruck nachweisbar sind, sind der Metabolismus von Heroin Morphin und der Hauptmetabolismus von Kokain Benzoyllecgonin. Die meist verwendete Methode ist hierfür das Immunolabeling. Dabei haften Antikörper NPs an die spezifischen Drogen Metabolismen im Abdruck. Erfolgreich ist auch der Nachweis mithilfe der Massenspektroskopie. So können ebenfalls Kokain, Heroin und deren Metabolismen erkannt werden. Des Weiteren können Aspirin und Diazepam mittels Infrarot Spektroskopie nachgewiesen werden. In Fingerabdrücken enthaltenes Ibuprofen oder Vitamin C konnte ebenfalls aufgezeigt werden. Benzodiazepine Lorazepam und dessen Metabolismus 3-OGlucuronide konnten mit der LC-MS nachgewiesen werden. Lorazepam ist eine klinische Droge, die bei Patienten mit Angstzuständen angewendet werden. Diese ist aber nur bis zu 8h nach der Einnahme nachweisbar. Darüber hinaus konnte das Vorhandensein von Methadon nach dessen Einnahme dargelegt werden. Methadon wird zur Behandlung von Heroinabhängigkeit eingenommen. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 161]

Zudem wurde Fast Blue B als neues Reagenz für den Nachweis von THC-reichen Fingerabdrücken vorgebracht. Es produziert einen roten Komplex bei der Reaktion mit Cannabinoiden wie THC, CBD und CBN. Diese Reaktion beweist jedoch nur den Kontakt mit der Droge und nicht den Konsum, das in forensischem Zusammenhang wichtig zu bemerken ist. [Bécue-2016, S. 36]

5.4.5 Hygiene

Mit näheren Informationen zur Benutzung von Hygieneartikeln wie Haargels, Gesichtscremes, Seifen, Lotionen und Kosmetik, werden Einblicke in den Lebensstil einer Person gewonnen. Mittels IR-S können Öl in Wasser oder Wasser in Öl Emulsionen in Fingerabdrücken entdeckt werden, die in den meisten Kosmetikartikeln vorhanden sind. Vor allem bei Frauen wurden Hydrocarbone, wie Tetracosane und Octacosane, die aus Kosmetika mit Vaseline stammen, vorgefunden. Auch Octylmethoxycinnamate, die in Sonnencremes vorkommen, können mittels GC-MS nachgewiesen werden. Eine Differenzierung endogener und exogener Bestandteile ist nicht möglich, da es Komponenten gibt, die aus beiden Quellen stammen könnten. Bestimmte Fettsäuren, Squalen und Cholesterin können sowohl körperliche Substanzen sein, aber auch in Kosmetika vorkommen. [Vgl. vanDam-2014, Chapter 11, S. 160]

Auch bei Sexualdelikten kann die Untersuchung chemischer Bestandteile eines Abdrucks mittels des Massenspektrometers wichtige Hinweise liefern. Nachweisen kann man somit Kondom Gleitmittel, Polyethylenglycol, Polypropylenglycol, Nonoxynol-9 und Tween, in Fingerabdrücken. So können z.B. Beschuldigte mit sexuellen Geschehnissen in Verbindung gebracht werden. [Vgl. Su-2016, S. 2784; vanDam-2014, Chapter 11, S. 164]

5.4.6 Schuss- und explosive Rückstände

Mit dem Nachweis von Schuss- und explosiven Rückständen in Fingerabdrücken, kann der Spurenverursacher beispielsweise in Verbindung mit dem Kontakt von Waffen, dem Abfeuern einer Waffe oder dem Bombenbau gebracht werden. Der Nachweis von Schuss- und explosiven Rückständen ist schwierig, da die darin vorkommenden Komponenten nicht nur spezifisch in Schussrückständen, sondern manche Nitrate auch bei übermäßiger Schweißproduktion, vorkommen können. Nach dem Abfeuern einer Waffe sind Nitrate und Nitrite im Fingerabdruck nachweisbar. Diese sind lediglich bis zu zwei Stunden nach dem Kontakt detektierbar und nach dem Händewaschen komplett verschwunden. Besonders DART-MS und SIMS eignen sich für den Nachweis. Auch explosive Stoffe, wie der der Plastiksprengstoff Research Department Explosive (RDX), die Sprengstoffe 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) und Pentaerythritol Nitrat (PETN) sowie Chlorate und Nitrate aus Schießpulverrückständen können mit verschiedenen Techniken der Spektroskopie wie LESA-MS oder RS in Fingerabdrücken detektiert werden. [Vgl. vanBeek, S. 149; vanDam-2014, Chapter 11, S. 163]

Fingerabdrücke mit explosiven Rückständen sind zudem etwas empfindlich gegenüber Sichtbarmachungsmethoden. Es konnte der Verlust der Rückstände bemerkt werden. Bei der Anwendung magnetischer Adhäsionspulvern wurden nur geringe Verluste verzeichnet. Cyanacrylat zeigte durch den Einschluss der explosiven Moleküle in die Polymermatrix Verluste der Rückstände auf Plastik und Aluminium. Ind/Zn und Ninhydrin verursachten einen Verlust der Nitrat Ionen, scheinbar durch das mechanische Entfernen während des Tauchens in die Lösungen. Folglich führen weniger Anwendungen von Sichtbarmachungstechniken zu besseren Ergebnissen der Spektrometer. Explosive Rückstände in Abdrücken

können auch mit funktionalisierten NPs detektiert werden. Dabei werden beispielsweise RDX und TNT nachzuweisen. [Vgl. Bécue-2016, S.38]

5.5 Altersbestimmung eines Abdrucks

Die Altersbestimmung von Fingerabdrücken ist vor allem im Zusammenhang mit der Tatzeit wichtig. So können tatrelevante Abdrücke von irrelevanten unterschieden werden. Fingerabdrücke die weitaus älter sind als der geschätzte Tatzeitraum, müssen demnach nicht beachtet und weiter untersucht werden. Somit können Personen ausgeschlossen werden, deren Fingerabdrücke am Tatort gefunden wurden, aber keinen Bezug zur Tat haben. Auch Beschuldigten-, Opfer- und Täteraussagen können dadurch gestützt oder widerlegt werden.

Die Altersbestimmung von Abdrücken ist noch ein sehr unerforschtes Feld in der Daktyloskopie. Es gibt noch keine ausgearbeitete anerkannte Methode, obwohl einige Studien durchaus erfolgreiche Ergebnisse in der Veränderung chemischer Bestandteile mit der Zeit liefern konnten. Dies liegt grundsätzlich daran, dass das Alter eines Abdrucks aufgrund der vielen beeinflussenden Faktoren und deren unterschiedlichen Auswirkungen auf den Abdruck, nicht einheitlich bestimmt werden kann. [Vgl. DeAlcaraz-2017, S. 1] Zu solchen Faktoren gehören Temperatur, Feuchtigkeit und Regen, Licht und die damit verbundene Fotooxidation, die Spurenträgeroberfläche, die bakterielle Zersetzung innerhalb des Abdrucks, die Zusammensetzung und die Sichtbarmachungsmethode. [Vgl. Pleik-2016]

5.5.1 Qualitätsabnahme

Abdrücke nehmen mit der Zeit an ihrer Qualität, aufgrund vieler verschiedener Einflüsse ab (siehe Anlagen, Teil 6-a). Diskontinuitäten wie Unterbrechungen in den Papillarleistenmustern nehmen zu, der Kontrast zwischen Furchen und Erhöhungen nimmt ab, es findet eine Reduzierung der Breite der Papillarleisten statt und die Anzahl der vorhandenen Minutien nimmt ebenfalls ab. [Vgl. DeAlcaraz-2017, S. 1, Pleik-2016] Da die Breite der Papillarleisten sowie die Anzahl der Minutien bei jedem Fingerabdruckgeber unterschiedlich ist, können mithilfe vorheriger, bereits erfasster Abdrücke im Vergleich zu den gealterten Abdrücken genauere Ergebnisse erzielt werden. Es kann auch vorkommen, dass ein Abdruck nur minimale Alterungsmerkmale aufweist oder, dass ein Abdruck vollkommen verschwunden ist. Als Beispiel für kaum alternde Abdrücke sind fettige Abdrücke auf Glas. [Vgl. Girod-2016, S. 218]

Erste Studien beschäftigten sich vor allem mit dem Qualitätsverlust verbundenen, verändernden Erfolg von Sichtbarmachungsmethoden bei alternden Abdrücken. Dabei wurden frisch gesetzte Abdrücke mit den alten verglichen. Mit der Zeit schlugen Adhäsionsmittel, vor allem Rußpulver, weniger gut an und die Abdrücke wiesen nur noch schwache Papillarlinienmuster auf. Es stellte sich schnell heraus, dass diese Methode aufgrund der Kontaminationen und Umwelteinflüsse sehr ungenau ist. In einer weiteren Studie kam heraus, dass sich die Poren in Fingerabdrücken mit der Zeit verkleinern. Diese sind jedoch vom

Abdruck selbst abhängig und somit ebenfalls von dessen Einflüsse, was wiederum zu ungenauen Ergebnisse führt. [Vgl. DeAlcaraz-2017 S. 3 f.; Girod-2016, S. 218 f.]

5.5.2 Veränderung chemischer Bestandteile

Ein Ansatz schien jedoch erfolgsversprechend: die Veränderung der Konzentration einzelner chemischer Bestandteile eines Abdrucks über einen bestimmten Zeitraum mittels GC-MS. Als Derivatisierungsmittel wurde MSTFA verwendet, um die chromatografische Darstellung und Identifizierung der verschiedenen Verbindungen zu verbessern. MSTFA führt unpolare Trimethylsilyl-Schutzgruppen (TMS) in polare Verbindungen ein und reduziert so die polaren Wechselwirkungen zwischen den Analytmolekülen. Dies ermöglicht eine bessere Verdampfung von Molekülen und verhindert thermische Zerfallsreaktionen auf der GC-Säule. [Vgl. Urbach-2012] Mit dem GC-MS konnte die Degradierung in Fingerabdruckrückständen mit den Strukturen der Fettsäuren in Verbindung gebracht werden. Das Total-Ionen-Chromatogramm zeigte in Fingerabdrücken nach 14 Tagen viele kurzketigen Abbauprodukte bei niedrigeren Retentionszeiten. Dabei handelt es sich um Aldehyde, Carbonsäuren und Oxosäuren. Aldehyde und Oxosäuren entstanden aus dem Autooxidationsprozess von ungesättigten Fettsäuren wie Triglyceriden und Waxestern. Auch Decanal, ein Abbauprodukt von $\Delta 6$ -Hexadecenoic-Säure und $\Delta 8$ -Octadecenoic-Säure, zeigte nach 2 Wochen ein erhöhtes Signal im Ionen Chromatogramm (siehe Anlagen, Teil 6-b). Demnach wurden die Retentionszeiten der verschiedenen in den Abdrücken vorkommenden Fettsäuren, $\Delta 6$ -Hexadecenoic-Säure und $\Delta 8$ -Octadecenoic-Säure, mit der Ionen-Chromatographie untersucht. Bei den genannten ungesättigten Fettsäuren handelt es sich um einzigartige talgspezifische Verbindungen. Frische Fingerabdrücke wiesen eine hohe Anzahl an Fettsäuren auf, aber keine Abbauprodukte. Bei älteren Fingerabdrücken zeigten sich hohe Signalintensitäten der Abbauprodukte. Dies war darauf zurückzuführen, dass kurzketige Abbauprodukte mit niedrigen Retentionszeiten entstanden waren. Folgernd lässt sich sagen, dass mit der Zeit die vorhandenen Fettsäuren abgebaut werden und somit die Menge der Abbauprodukte steigt. Die Geschwindigkeit des Abbaus hängt hierbei von verschiedenen Einflussfaktoren, wie Temperatur, Abdrucksmoment sowie Substrat ab. Detektierte $\Delta 9$ -Octadecenoic-Säure und $\Delta 9$ -Hexadecenoic-Säure, die ebenfalls in Fingerabdrücken nachgewiesen wurden und sich kaum von der $\Delta 6$ -Hexadecenoic-Säure und $\Delta 8$ -Octadecenoic-Säure unterscheiden, seien lediglich Produkte von exogenen Quellen, wie Kosmetika. Caprinsäure stellte sich als Oxidationsprodukt von Decanal heraus. Weitere gefundene Säuren erfolgten aus der Oxidation der Oxosäuren. Die Verpackung und Lagerung des Fingerabdrucks ist aufgrund der Autooxidationsprozesse der ungesättigten Fettsäuren wichtig, da bei luftdichten Verschlüssen nur wenige Oxidationsprodukte entstehen und letztendlich mehr Fettsäuren vorhanden sind. Die Analyse der Autooxidation von derivatisierten Fettsäuren in Abdrücken ist sehr vielversprechend. Die hier detektierten Fettsäuren waren aber leider nach ca. 14 Tagen fast nicht mehr vorhanden. [Vgl. Pleik-2016]

Andere Studien beschäftigten sich ebenfalls mit der zeitlichen Veränderung der Zusammensetzung eines Abdrucks. Dabei wurden viele verschiedene Fettsäuren und damit verbundene Degradierungen untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Alterung von Abdrücken mit diesen Veränderungen belegt werden kann. Jedoch variieren diese Änderung aufgrund der vielen Faktoren so stark, dass nur eine grobe Einschätzung des Alters möglich ist.

5.5.3 Fluoreszenz

Schon 1992 untersuchte Roland Menzel Fingerabdrücke und deren Fluoreszenz im Zusammenhang mit der Alterung der Abdrücke. Dabei stieß er auf eine Korrelation zwischen dem Alter und der Fluoreszenz Farbe. Frische Abdrücke wiesen eine gelbere, ältere Abdrücke eine rötlichere Farbe auf. Jedoch war die inter- sowie intrapersonelle Variabilität aufgrund verschiedener Einflüsse wie Belichtung, Temperatur, Kontaminationen und die bakterielle Degradierung zu groß für eine genaue Bestimmung des Alters. Es zeigte sich dennoch die Tendenz zu einer größeren Wellenlänge, je älter der Abdruck war. Dieser Ansatz lieferte eine wichtige Grundlage für weitere Studien. [Vgl. vanDam-2015, S. 2]

Fingerabdrücke emittieren unter ultraviolettem und sichtbarem Licht Fluoreszenz. Diese Autofluoreszenz verändert sich mit der Zeit. Mittels TCL, werden die verschiedenen Fluorophoren in Abdrücken zu verschiedenen Zeitpunkten separiert, und mittels Fluorescence Spectroscopy bestimmt. Verantwortlich für die Fluoreszenz von Fingerabdrücken ist hauptsächlich das proteingebundene Tryptophan, eine fluoreszierende Aminosäure, und dessen Derivate. Ein Derivat ist die Indol-Essigsäure, ein fluoreszierender Metabolismus, der während dem bakteriellen Abbau von Tryptophan entsteht. Xanthurenic Säure ist ebenfalls ein fluoreszierender Metabolismus von Tryptophan. Norharman sowie Harman, auch Beta-Carboline genannt, sind fluoreszierende Verbindungen, die bei der Degradierung von Tryptophan entstehen. Auch andere fluoreszierende Metabolismen wie Kynurenin zeichnen sich bei der Fluoreszenz von Fingerabdrücken aus. Die Veränderung von Indol-Essigsäure mit der Zeit, ist auf das Vorhandensein von verschiedenen Bakterien auf der Haut sowie im Fingerabdruck und deren Degradierung zurückzuführen. [Vgl. vanDam-2015, S. 8 ff.]

Die Menge und die Farbe der Fluoreszenz der Probe wird unter UV Licht durch eine Kamera mit entsprechenden Filtern aufgezeichnet und anschließend kategorisiert. Zudem wird der Retentionswert (R_f Wert) der fluoreszierenden Bestandteile erhoben, die die Lauflänge der Bestandteile im Verhältnis zur Lauflänge des Laufmittels bestimmt. Die Erregung und die Emissionsspektren der fluoreszierenden Bereiche werden durch das Faseroptikzubehör des Lumineszenz Spektrometers erfasst und basieren auf den Erregungs-/Emissionswellenlängen der referenzierenden Bestandteile des Abdrucks. Schließlich wird die Probe mit Ehrlich's Reagenz besprüht, die mit Tryptophan und Indol-Gruppen reagiert. Diese Reaktion resultiert, je nach Zusammensetzung des Abdrucks, in einer bestimmten Farbe und können so zeitlich eingeschätzt werden. [Vgl. vanDam-2015, S.5 ff.]

Einige Metabolismen in Essen und Kosmetika enthalten jedoch ebenfalls fluoreszierende Bestandteile. Metabolismen von grün pigmentiertem Chlorophyll waren für leicht rot fluoreszierende Bereiche in frischen Fingerabdrücken verantwortlich. Ebenso führen andere exogenen Bestandteile zu einer rötlichen Fluoreszenz, die aber nicht im Zusammenhang mit der Alterung des Abdrucks stehen. Nach 3 Wochen alten Abdrücken war jedoch keine rötliche Fluoreszenz mehr vorhanden, was auf die wahrscheinliche Degradierung dieser Metabolismen zurückzuführen ist. [Vgl. vanDam-2015, S.13]

5.5.4 Oberflächenadhäsion

Mittels Nanomechanical Mapping wurden die Unterschiede in der Oberflächenadhäsion auf nicht saugenden Oberflächen von Fingerabdrücken über vier Wochen untersucht. Dabei wurden die natürlichen, ekkrinen und Talg- Bestandteile von Abdrücken einzeln topografisch betrachtet und mit Adhäsionskartierungen bedeckt. Helle Bereiche repräsentieren hoch adhäsive Kräfte und die dunklen Bereiche schwach adhäsive Bereiche. Wenn das Cantilever, die Messnadel des Mikroskops, mit dem Probenröpfchen des Abdrucks in Kontakt kommt, entsteht eine nanoskopische Kapillarbrücke zwischen der Messnadelspitze und der Probenoberfläche. Die Kraft die benötigt wird, die Messnadelspitze wieder von der Probenoberfläche zu entfernen, lässt Rückschlüsse auf die Oberflächenadhäsionskräfte zu und wird farblich dargestellt (siehe Anlagen, Teil 6-c). Diese Kraft setzt sich aus Kräften gegen alle elektrostatischen Anziehungskräfte, Van-der-Waals Kräfte, Kapillarkräfte und chemische Interaktionen zusammen. Es war festzustellen, dass ekkrine Bestandteile sowie Talg-Bestandteile in ihrer Adhäsion mit der Zeit zunächst zunahm und später dann wieder abnahm. Die natürlichen Bestandteile nahmen in ihrer Adhäsion vor allem in ihren Randarealen bis zur vierten Woche stetig zu. Die maximale Adhäsion variiert jedoch interpersonell, da die Bestandteile von Person zu Person doch sehr verschieden sind. Die „Höhe“ der Probe hängt vor allem von dem Absetzen der Probe ab und variiert in der Größe der Fingerabdruckbestandteile. Die Höhe sowie das Volumen nahm in den Proben ekkriner Bestandteile in der ersten Woche zu und blieb dann bis zur vierten Woche konstant. Andere Proben zeigten wiederum keine Zunahme der Höhe und des Volumens, sodass keine einheitlichen Ergebnisse erzielt werden konnten. Die Veränderung der Adhäsionskräfte mit der Zeit lässt jedoch grobe Rückschlüsse auf das Alter des Abdrucks zu. [Vgl. Dorakumbura-2016, S. 18 f.]

5.6 Herausforderungen in der Daktyloskopie

In der Sichtbarmachung von daktyloskopischen Spuren gibt es einige Herausforderungen. Diese entstehen nicht nur aufgrund der Oberfläche des Spurenträgers, sondern auch aufgrund deren chemischer Bestandteile sowie unterschiedlichen Umgebungsfaktoren. Herkömmliche Spurensichtbarmachungsmethoden zeigen hier kaum noch Erfolge und spezielle Techniken müssen her.

5.6.1 Fingerabdrücke auf Thermopapier (Kassenzettel)

Thermopapier ist gebräuchliches Papier für Kassenzettel. Unglücklicherweise veranlassen polare organische Lösungsmittel der chemischen Sichtbarmachungsverfahren für Abdrücke auf Papier, eine Färbung des Leukofarbstoffs in Thermopapier und erschweren somit den Fingerabdrucknachweis auf der bedruckten Seite. Besonders bewährte sich eine chemische Methode für den erschwerten Nachweis auf Thermopapier: Thermanin, ein Halbacetal von Ninhydrin, mit Alkohol anstatt eines Wassermoleküls. Das Halbacetal ist in apolaren Lösungsmitteln wie Petroleumether löslich und vermeidet so die Probleme die mit einem polaren Lösungsmittel entstehen. Bei dem Kontakt mit Wasser, wird Thermanin zu Ninhydrin und Alkohol. Durch das Wasser in der Atmosphäre und im Thermopapier reagiert das entstandene Ninhydrin mit den Aminosäuren im Abdruck und macht die Papillarleisten gräulich sichtbar. Eine weitere Methode bietet das „Hot Print System“, eine Anwendung von Hitze, die wie durch einen herkömmlich Haarfön erreicht wird. Dabei wird der Abdruck bei einer Entfernung von circa 5cm erhitzt und zeigt bei ungefähr 30 °C die gräuliche Entwicklung der latenten Abdrücke. Eine höhere Temperatur kann den Abdruck jedoch zerstören. Es wurde festgestellt, dass Bestandteile des Schweißes in einem Fingerabdruck die Löslichkeit und die Farbänderung des Farbstoffs in Thermopapier hervorbringen. Es zeigte sich, dass protische polare Aminosäuren wie Lysine im ekkrinen Schweiß in der Lage sind ein Proton abzugeben und diese Verfärbung erzielen. Schon eine geringe Menge dieser polaren Aminosäuren reicht aus, um unter Hitze Protonen abzugeben und den Farbstoff zu verfärben. Der Vorteil zu Thermanin ist, dass bei HPS beide erforderlichen Komponenten für die Reaktion bereits vorhanden sind, Thermanin jedoch erst noch hinzugefügt und migriert werden muss. [Vgl. Bond-2014, S. 485 ff.]

5.6.2 Fingerabdrücke auf Feuer ausgesetzten Oberflächen

Latente Fingerabdrücke auf Objekten, die einem Feuer ausgesetzt waren, werden oft als unbrauchbar erklärt. So bleiben wertvolle Beweise, wie Fingerabdrücke, letztlich unbehandelt. Elektromagnetische Strahlungen, Rußablagerungen und hohe Temperaturen, die während eines Brandes entstehen, können hinterlassene Fingerabdrücke negativ beeinflussen. Werden die Spurenträger durch das Feuer jedoch nicht beschädigt, können auf glatten nicht saugenden Oberflächen, wie Glas, Keramikfliesen und metallischen Oberflächen wie Alufolie, Blech oder Löffel durchaus noch Abdrücke nachgewiesen werden. Sogar folglich mit Wasser bespritzte Spurenträger können noch verwertbare Abdrücke aufweisen. Es wird angenommen, dass durch die Rußablagerungen auf den Spurenträgern die Fingerabdrücke geschützt werden und deshalb noch verwertbar sind. [Vgl. Dhall-2013, S. 99 f.]

Zunächst werden die Rußablagerungen vorsichtig mit Wasser abgewaschen und daraufhin getrocknet. Wurde der Spurenträger zuvor nicht nass, kann dieser mit Cyanacrylat und Adhäsionspulvern behandelt werden. Ist er durch Löschvorgänge nass geworden, kann der Spurenträger mittels Small particle reagent (SPR) hinsichtlich Fingerabdrücken untersucht werden. Je nach Größe des zu behandelnden Objekts wird dieses entweder getaucht oder

besprüht, wobei größere Spureenträger besprüht und kleinere in die Lösung getaucht werden. Die SPR Methode basiert auf der Anhaftung feiner Partikel des Gemisches an fettige bzw. ölige Bestandteile latenter Fingerabdrücke. Die Lösung interagiert besonders mit nicht wasserlöslichen Talg- Komponenten des Abdrucks und zeichnet sich nach der Behandlung grau bis weiß aus. Bei der Behandlung nass gewordener Spureenträger, basiert die SPR Lösung normalerweise auf Molybdenum Disulfid. Bei zusätzlicher Rußantragung wird jedoch Zink Carbonat anstatt Molybdenum Disulfid verwendet, da sich die Abdrücke auf dem dunklen Hintergrund heller auszeichnen. Zu der Suspension kommen darüber hinaus noch Flüssigwaschmittel, eosin B und destilliertes Wasser. Die Qualität der sichtbar gemachten Fingerabdrücke hängt dann vor allem von der Partikelgröße des Zink Carbonats ab. Es zeigte sich, dass Partikel mit einer durchschnittlichen Größe von 2 µm bessere Ergebnisse liefern, als durchschnittlich 6 µm große. Der Effekt dieser Technik wird durch das Hinzufügen eines fluoreszierenden Farbstoffs intensiviert. Auf Glas können so Abdrücke bei bis zu 500°C nachgewiesen werden, bei Alufolie sogar bis 600°C. Die Qualität der Abdrücke nimmt ab einer bestimmten Temperatur jedoch wieder ab. Dieses Maximum variiert je nach Material. [Vgl. Dhall-2013, S. 100 f.]

5.6.3 Fingerabdrücke auf mit Wasser bedeckten Oberflächen

Spureenträger die sich unter Wasser befinden, können in der Forensik sehr wichtig sein. Ob es sich um ein versunkenes Auto handelt, Sprengstoff an der Unterseite eines Bootes oder einfach nur in Wasser geworfenes Beweismaterial – diese Fingerabdrücke sind es wert analysiert zu werden. Die Ergebnisse sind oft erstaunlich.

Fingerabdrücke auf in Wasser getauchten Spureenträgern können wegen ihrer wasserlöslichen Komponenten, wie Aminosäuren, nicht mehr mit Aminosäure Reagenzien nachgewiesen werden. Um den negativen Effekt von in Wasser befindlichen Spureenträgern auf den möglichen Nachweis von latenten Fingerabdrücken zu untersuchen, wurden unterschiedliche Substrate, wie Edelstahl, Glas und PVC behaftet mit ekkrinreichen sowie talgreichen Abdrücken unter Labor- und Feldbedingungen bis zu 14 Wochen in Wasser versenkt. Die Spureenträger unter Laborbedingungen wurden in Wassertanks ins Freie gestellt, die unter Feldbedingungen wurden in kleinen Gehäusen mit Löchern in Gewässern platziert. Obwohl Wasser in die Gehäuse eindringen konnte, waren die Spuren trotzdem vor den meisten Umweltfaktoren halbwegs geschützt. Die Spureenträger wurden daraufhin mit ORO, Sudan Black und Gentian Violet behandelt. Die Qualität der Abdrücke wurde durch die feststellbare Minutienanzahl bestimmt. Im Vergleich zu den Fingerabdrücken unter Laborbedingungen, wo bereits nach kürzester Zeit ein wesentlicher Qualitätsverlust der Abdrücke feststellbar war, gab es bei den Abdrücken unter Feldbedingungen nur wenig Degradierungen. Kaum vorstellbar, da die Abdrücke unter Feldbedingungen an wasserdurchlässigen Bereichen platziert wurden und so nicht vor Wasserfluss und Erosion geschützt waren. Im Gegensatz dazu, wurde das Wasser unter Laborbedingungen jedoch wöchentlich gewechselt, was ebenfalls zu einem Wasserfluss führte. Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, dass sich

unter Laborbedingungen eine Mikroflora in den Wassertanks bilden konnte und somit bakterielle Degradierungsprozesse stattfinden. Zudem war die Temperatur unter den Feldbedingungen etwas niedriger als in den Gewässern, was den Degradierungsprozess verlangsamt haben könnte. Ekkrinreiche Abdrücke waren nach dem Tauchen ins Wasser kaum bis gar nicht nachweisbar. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass ekkriner Schweiß hauptsächlich aus Wasser besteht und die meisten restlichen Bestandteile wasserlösliche Aminosäuren und Salze sind. Im Kontrast dazu waren die talreichen Abdrücke aufgrund ihrer nicht wasserlöslichen Lipide gut nachweisbar. Diese ließen sich auf glatten, nicht saugenden Oberflächen bis zu 95 Tagen unter Feldbedingungen nachweisen. [Vgl. Sutton-2014, S. 145 ff.] Die nicht wasserlöslichen Bestandteile lassen sich in labile und robuste Komponenten einteilen. Der labile Teil besteht aus gesättigten und ungesättigten Fettsäuren sowie Triglyceriden. Diese oxidieren schnell an der Luft, verändern sich unter Wasser aber kaum. Die robuste Fraktion besteht aus nicht wasserlöslichen Proteinen und Lipoproteinen, die sich stark über Wasserstoffbindungen an Zellulose in Papier binden und somit besonders auf Papier lang nachweisbar sein können. Latente Abdrücke können so auf in Leitungswasser versenktem weißen Papier, Prospekten und braunem Karton nachgewiesen werden. 7-18 Tage alte Abdrücke konnten mittels physikalischem Entwickler, basierend auf Tween 20 anstatt Synperonic-N, auf dem Papier tatsächlich noch nachgewiesen werden. Über 80% des Abdrucks konnten sichtbar werden, 35-38% sogar mit sehr genauen Papillarleistenmustern. Auf den Prospekten unter Wasser konnten mit ORO und PD keine Papillarlinienmuster sichtbar gemacht werden, da entweder die Hintergrundmuster keine erkennbaren Feinheiten der Abdrücke zuließen oder der Hintergrund mit eingefärbt wurde. Auf Karton wurden ebenfalls keine erfolgreichen Ergebnisse erzielt. [Vgl. Simmons-2013, S. 157 f.]

In einer Studie wurde die Möglichkeit untersucht, Fingerabdrücke auf bereits unter Leitungswasser befindlichen Gegenständen zu hinterlassen und diese anschließend nachweisen zu können. Glas und Plastik wurden im Wasser versenkt und mit Fingerabdrücken versehen. Nach 1 bis 15 Tagen wurden die Spurenträger entnommen, getrocknet und mit verschiedenen Methoden zur Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke bearbeitet. Es zeigte sich, dass Fingerabdrücke auf Gegenständen unter Wasser hinterlassen werden können und darüber hinaus bis zu 3 Tagen mittels Rußpulver, Sudan Black und SPR gut nachweisbar sind. Vor allem Sudan Black konnte nach bis zu 15 Tagen unter Wasser auf Glas, die besten Ergebnisse erzielen. Auf Plastik wurden bis zu 6 Tagen unter Wasser noch gute Ergebnisse erzielt. Schwierig ist es jedoch im Nachhinein zu erkennen, ob der Fingerabdruck vor dem Eintauchen in das Wasser auf den Spurenträger gesetzt wurde oder erst unter Wasser. [Vgl. Castello-2013, S. 329 ff.]

Der Effekt von „Sea spray“, was durch den Wind über das Meer entsteht, auf mit Fingerabdrücken versehenen Objekten wurde in einer anderen Studie untersucht. Der Versuch bestand darin, Glasplatten mit Fingerabdrücken auf einem zum Ozean gerichteten Balkon einen Monat lang der Meeresbrise auszusetzen. Eine der Glasplatten wurde vor dem Setzen

der Fingerabdrücke bereits eine Woche dem „Sea spray“ ausgesetzt. Bei der Sichtbarmachung der daktyloskopischen Spuren mit verschiedenen Methoden, ergab sich dennoch kein Unterschied, ob die Platte schon zuvor der Meeresbrise ausgesetzt worden war oder nicht. Fast alle Mittel zur Sichtbarmachung von latenten Abdrücken konnten nach einer Woche die Spuren nachweisen. Weißes Wetwop und Schwarzpulver-Suspension dagegen konnten die Abdrücke noch nach einem Monat der „Sea Spray“ Aussetzung feststellen, während andere Techniken keinen Erfolg mehr hatten. Nichtsdestotrotz gab es auch bei diesen zwei Methoden eine starke Abnahme des Sichtbarmachungserfolgs (Suspension: 96% → 67%, Wetlop: 95% → 49%). Weißes magnetisches Pulver stellte sich bei der „Sea Spray“ Aussetzung von weniger als einer Woche als sehr gute Alternative heraus (89%iger Erfolg, nach einem Monat → 3%). [Vgl. Bécue-2016, S. 40]

Fingerabdrücke wurden des Weiteren in verschiedene Flüssigkeiten, die uns im Alltag begegnen, wie Milch, Rotwein, Bier, Orangensaft und Seifenwasser getaucht. Diese wurden mittels magnetischem Pulver oder SPR hinsichtlich Abdrücken untersucht. Seifenwasser führte als einziges Mittel zu einem starken Qualitätsverlust der Abdrücke nach bereits 12h. [Vgl. Bécue-2016, S. 40]

5.6.4 Fingerabdrücke auf Stoff

Fingerabdrücke auf Textilien sichtbar zu machen scheint aufgrund des Materials von Stoff aussichtslos. Doch oft werden bei Sexualdelikten oder Kämpfen Abdrücke des Täters auf der Kleidung des Opfers vermutet und könnten so wichtige Beweise liefern. Es wurde schließlich ein Verfahren gefunden, Abdrücke auf feinmaschigen Textilien wie Nylon nachzuweisen.

Bei der Vacuum Metal Deposition (VMD) findet eine Ablagerung einer sehr dünnen Schicht von Gold und einer anschließenden Schicht von Zink durch deren Verdampfung statt. Die Goldpartikel setzen sich auf der kompletten Oberfläche des Stoffs ab. Zwischen den Papillarlinien dienen die Goldpartikel als Bindungsstellen für die Zinkpartikel, an den Fingerabdruckrückständen aufgrund der Aufnahme der Partikel jedoch nicht. Es findet eine Verfärbung des Stoffes statt, wobei der Fingerabdruck ausgespart wird. Ein Negativbild ist entstanden. In der Praxis findet aber auch oft eine Bindung auf den Abdrücken statt, da Bestandteile des Abdrucks vom Stoff aufgesaugt werden. Außerdem ist es möglich, keinen Abdruck zu sehen, da die Zinkpartikel nirgends anbanden oder überall anbanden. Durch die Sichtbarmachung von Abdrücken durch VMD auf Stoff kann sich lediglich auf das Vorhandensein von Abdrücken konzentriert werden. Die detektierten Stellen, an denen Abdrücke gefunden wurden, wobei es sich meist um Greifspuren des Täters handelt, dienen anschließend nur zur Sicherung von DNA Spuren. [Vgl. Popov-2017, S. 45; URL-33]

5.6.5 Fingerabdrücke auf Haut

Fingerabdrücke können sogar auf menschlicher Haut von Lebendigen als auch Toten nachgewiesen werden. Aufgrund der eigenen Produktion von Schweiß auf der Haut, weisen der Fingerabdruck und die Haut größtenteils gleiche Bestandteile auf, was eine Schwierigkeit bei der Sichtbarmachung darstellt und kaum detaillierte Papillarlinienmuster entwickelt werden können. Zudem ist die Oberfläche der Haut aufgrund der Haare nicht ganz glatt und somit sind Abdrücke schwer nachweisbar. Außerdem besteht die Möglichkeit bei lebendigen Personen, dass der Abdruck bei einem Kampf oder anderen Bewegungen beschädigt wird. Deshalb wird bei dem Nachweis von Abdrücken auf lebendigen Personen, die nachgewiesenen Bereiche ebenfalls nur als Ausgangspunkt zur Abnahme von DNA Spuren genutzt. Auf der Haut von Toten, verspricht der Nachweis von Abdrücken jedoch etwas mehr Erfolg. Besonders mit magnetischen Pulvern lassen sich Abdrücke auf der Haut sichtbar machen. Fokussiert wird sich dabei meist auf die Suche an Handgelenken, dem Hals, dem Brustbereich und weitere Bereiche, die mit kriminellen Handlungen in Verbindung stehen könnten. [Vgl. URL-34; Färber-2010, S. 1 ff.]

5.6.6 Überlappende Fingerabdrücke

Überlappende Fingerabdrücke stellen eine der größten Herausforderungen bei der Spurensicherung dar. Es ist nicht selten, dass detaillierte Fingerabdrücke sichtbar gemacht werden konnten, diese sich aber überlappen. Deshalb können meist keine separierten Papillarlinienmuster gesichert werden. Das Massenspektrometer bietet dennoch eine Lösung. Jeder Fingerabdruck hat eine individuelle chemische Zusammensetzung und weist somit auch unterschiedliche Masse-zu-Ladungs-Verhältnisse auf. Mittels der Massenspektrometrie lassen sich überlappende Fingerabdrücke durch die Visualisierung ihrer räumlichen Verteilung der unterschiedlichen molekularen Ionen an bestimmten m/z separieren (siehe Abbildung 9). Überlappende Fingerabdrücke von verschiedenen Verursachern können auch durch die spektralen Variationen in der Absorption ihrer Bestandteile voneinander getrennt werden. Schwierigkeiten zeigen sich dennoch in der Separierung von Abdrücken der gleichen Person, da die Zusammensetzung, falls die Abdrücke in einem minimalen zeitlichen Abstand gesetzt wurden, so gut wie identisch ist. [Vgl. Wei-2016, S. 6179 f.]

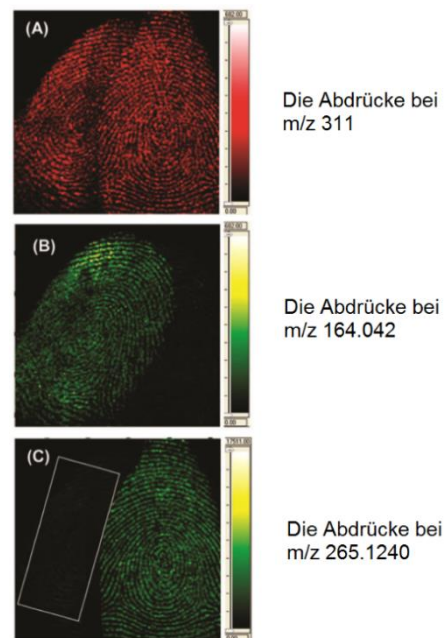


Abbildung 9: Überlappende Abdrücke bei verschiedenen m/z [Vgl. Wei-2016]

5.7 Neue Verfahren

Durch Herausforderungen in der Daktyloskopie werden ständig optimierte oder neue Verfahren zur Sichtbarmachung von Fingerabdrücken entwickelt. Vor allem für problematische Oberflächen werden solche Methoden, wie die Kolloidale Goldlösung für Styropor oder beschichtete Geldscheine, entwickelt. [Vgl. URL-14] Solche Methoden finden, wenn auch nur selten, schnell Anwendung in der Kriminaltechnik. Es sind bereits eine Menge neuer Verfahren bekannt, die unterschiedliche Sichtbarmachung ermöglichen und somit nur noch wenige Herausforderungen in der Daktyloskopie verbleiben.

5.7.1 Gold seed-mediated enhancement

Bei der Visualisierung von latenten Abdrücken auf nicht saugenden Oberflächen mittels der kolloidalen Gold Wachstumstechnik werden monodisperse¹⁹ Nanopartikel chemisch synthetisiert. Dieser Prozess besteht aus zwei Schritten und nimmt höchstens 10 Minuten in Anspruch. Kolloidale Goldteilchen sind dabei die „Bildungszentren“ und können die Reduktion von Au^+ Ionen katalysieren. Diese Reduktion von Au^+ zu Au^0 ist ein autokatalytischer Prozess und findet an der Oberfläche des kolloidalen Golds statt. Als Bindemoleküle im Fingerabdruck werden Lysozyme verwendet. Um das Verknüpfen mit den Lysozymen zu ermöglichen, werden die Goldpartikel über kovalente Bindungen mit Lysozym-bindenden Aptameren verknüpft. Diese Gold-Aptamere Verknüpfungen binden speziell an die Lysozyme im Fingerabdruck (Schritt 1) und werden daraufhin mit einer Au^+ -komplexen Lösung behandelt (Schritt 2) (siehe Abbildung 10). Durch die stattfindende Selbstkatalyse entstehen größere Gold Nanopartikel, die sich im Abdruck schließlich rötlich auszeichnen. [Vgl. Yu-2016, S.2 f.]

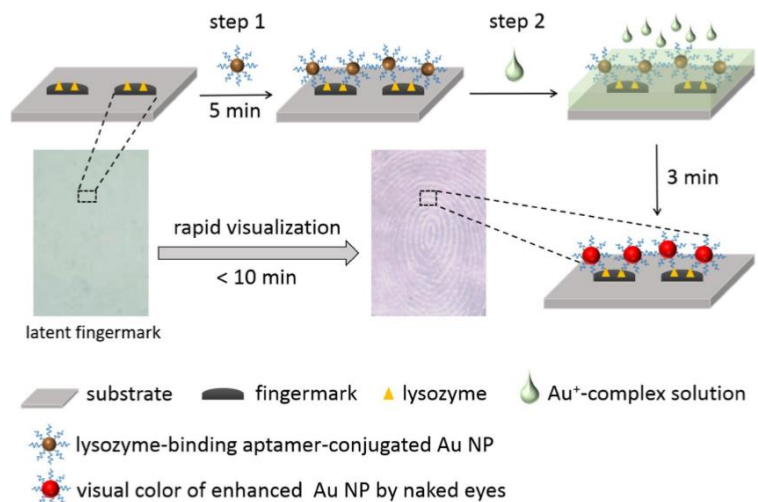


Abbildung 10: Sichtbarmachung mittels des gold seed-mediated enhancement [Yu-2016]

¹⁹ Als monodispers wird eine Ansammlung von Partikel mit gleichen Eigenschaften bezeichnet. [URL-35]

5.7.2 Multimetal Deposition (MMD)

Bei der Sichtbarmachung latenter Abdrücke mittels der Multimetall-Bedampfungsmethode wird zunächst Gold verdampft. Dabei binden Gold Nanopartikel an im Fingerabdruck vorkommende Bestandteile durch ionische Wechselwirkungen zwischen den negativ geladenen Gold Kolloiden und den positiv geladenen Komponenten des Abdrucks. Zusätzlich wird nach der Behandlung mit einer Ag-Pd Lösung der Niederschlag des metallischen Silbers von der Ag-Pd katalysiert und der Abdruck schließlich sichtbar gemacht. [Vgl. Kaushik-2017, S. 2]

In einem weiteren Ansatz werden modifizierte Gold Nanopartikel verwendet. Diese binden mittels AuNP-Zellulose Wechselwirkungen präferiert an Papier und formen eine unsichtbare Schicht an der Oberfläche, während sie die Talgkomponenten im Abdruck aussparen. Die Nanopartikel sind an bifunktionale Reagenzien gebunden, dessen Moleküle sowohl eine hohe Affinität zu Papier aufweisen, als auch einen Teil, der an metallische Nanopartikel bindet. Somit kann die Behandlung mit einer Ag-Pd Lösung, die mit Gold beschichteten Regionen durch die Anlagerung der schwarzen Silberpartikel kontrastieren. [Vgl. Kaushik-2017, S. 2 f.]

Immunologic MMD (IMMD) ist eine Kombination zwischen Immunolabeling und MMD. IMMD verwendet Antikörper modifiziert mit AuNPs, die an die korrespondierenden Antigene im Fingerabdruck mit spezifischen Immunreaktion binden (siehe Abbildung 11).

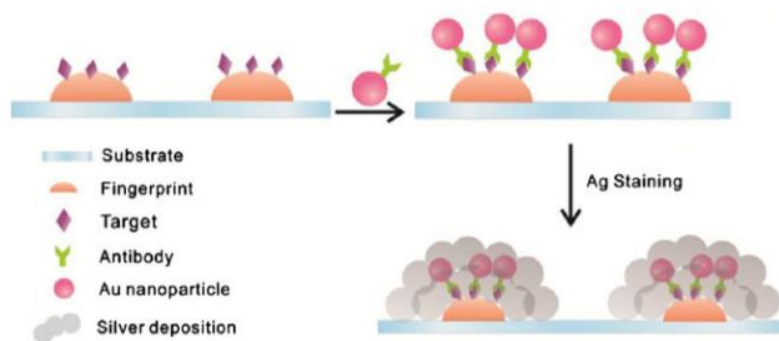


Abbildung 11: IMMD [SU-2015]

Die AuNPs dienen als katalytische Nukleationsstellen für die metallische Anlagerung der Silberpartikel der Silberfärbungslösung, die hinzugefügt wird. Es wird ein schwarzer Abdruck auf weißem Hintergrund für das bloße Auge sichtbar. Die Sichtbarmachung konnte erfolgreich mit dem Nachweis von Lysozymen durchgeführt werden. Anders als bei der herkömmlichen MMD dienen die AuNPs nicht nur als Nukleationsmöglichkeiten für die Anlagerung der Silberpartikel, sondern auch als Träger der Erkennungsmoleküle, die das Vorkommen von bestimmten anderen Substanzen kenntlich machen können. [Vgl. Su-2015, S. 2786]

5.7.3 Metall-organische Gerüste

Auch Metal-organic Frameworks (MOF) können Abdrücke nachweisen. MOFs sind kristalline Koordinationspolymere, die aus anorganischen Knotenpunkten, den sogenannten secondary building units (SBUs), bei denen es sich um Metallionen handelt und organischen Molekülen, den Linkereinheiten, hier 1,4-Benzenedicarboxylsäure (BDC) bestehen. [Vgl. URL-36, URL-37] Es handelt sich dabei um eine Flüssigkeit, die auf den Abdruck getropft oder in die der Spurenläger getaucht wird. In der Daktyloskopie werden MOFs mit lumineszierenden Stoffen versetzt, damit die Abdrücke nach der Behandlung unter UV Licht sichtbar gemacht werden können. Die Kristalle binden an bestimmte Proteine im Fingerabdruck, wodurch sich eine ultradünne Schicht auf dem latenten Abdruck bildet, der schon nach etwa 30 Sekunden aufleuchtet. Da diese Methode auf molekularem Level arbeitet, ist sie sehr genau und verringert aufgrund keiner Verwendung von Hitze oder Vakuum die mögliche Beschädigung des Abdrucks. Anwendbar sind MOFs jedoch nur auf glatten nicht saugenden Oberflächen. [Vgl. Liang-2015, S. 7296]

5.7.4 Fuller's Earth (Multani Mitti)

Da mit den herkömmlichen Pulvern bereits ein weites Spektrum an Oberflächen abdeckt werden kann, gibt es nicht viele neue Adhäsionspulver. Es ist jedoch oft der Fall, dass dunkle Oberflächen zu untersuchen sind, auf denen schwarzes Rußpulver nicht gut zu sehen sind- und hier kommt Fuller's Earth ins Spiel.

Dieses neue Adhäsionspulver ist organisch, billig, nicht toxisch und macht latente Fingerabdrücke auf verschiedenen Oberflächen bis zu sechs Tagen nach der Platzierung unter variierenden Temperaturen sichtbar. Fuller's Earth Pulver, in Indien unter Multani Mitti bekannt, ist vor allem für Oberflächen wie schwarze Kartonage, durchsichtiges Glas, Stahl, laminierte Holzplatten, durchsichtigem Kunststoff und auf der Oberfläche eines Textmarkers geeignet. Fuller's Earth besteht aus wasserhaltigen Aluminiumsilikaten in unterschiedlichen Zusammensetzungen und anderen geringen Mengen an Mineralien wie Kalzite, Dolomite und Quarz. Aluminiumsilikate werden in der Natur aus Gesteinen der Erdkruste gewonnen. Vor allem für dunkle Oberflächen ist Fuller's Earth wegen seiner weißlichen Erscheinung und einem damit verbundenen starken Kontrast optimal. Fuller's Earth haftet anders als sonstige Pulver nur an Erhöhungen des Abdrucks und setzt sich nicht auch noch in den Furchen ab. Die sichtbar gemachten Abdrücke erscheinen so klarer und detaillierter. Abdrücke die dem Sonnenlicht ausgesetzt sind verändern ihre Lipid Zusammensetzung und sammeln mit der Zeit Staub und andere Partikel an, was zu Qualitätsverlusten bei der Sichtbarmachung führt. Fuller's Earth lieferte auch bei Sonnenstrahlen ausgesetzter Abdrücke positive Ergebnisse. Noch nach 6 Tagen dem Sonnenlicht ausgesetzt und unter Temperaturvariationen, konnten latente Fingerabdrücke mittels Fuller's Earth erfolgreich sichtbar gemacht werden. [Vgl. Thakur-2016, S. 449 ff.]

5.8 Ausblick

Der Fingerabdruck wird immer ein wertvolles Identifizierungsmittel bleiben – vor allem wegen seiner Objektivität. In naher Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass Adhäsionsmittel und chemische Verfahren erforscht werden, die an andere Bestandteile als Aminosäuren und bereits bekannte Bestandteile binden. So führen neue Erkenntnisse weiterer Bestandteile eines Fingerabdrucks möglicherweise zu besseren Sichtbarmachungen, vor allem bei älteren Abdrücken. Zudem werden Methoden (weiter-)entwickelt, die an mehrere Bestandteile gleichzeitig binden können, um so besonders bei gealterten Abdrücken noch das beste Ergebnis zu erzielen. Auch die Aneignung von mehr Wissen über exogene Bestandteile würde Vorteile bringen, um diese gezielt bei Analysen auszulassen und Fehlergebnisse zu vermeiden.

In ferner Zukunft wäre es von großem Nutzen portable Geräte, wie handliche Scanner zur digitalen Spurensichtbarmachung an Tatorten nutzen zu können. Bei einer direkten Analyse und einem sofortigen Abgleich hätten die Kriminaltechniker schnell Ergebnisse vor Ort. Bei solchen portablen Geräten könnten lange Transportwege und damit verbundene Kontaminationsgefahr, Verlustgefahr und Beschädigungsgefahr erspart bzw. verringert werden. Es wäre vorstellbar, dass herkömmliche Sichtbarmachungsmethoden nach und nach durch digitale Scanner ersetzt werden. Zusätzliche Verbesserungen des Scanners könnten zudem die Erfassung von Fingerabdrücken auf gewölbten Gegenständen ohne Verzerrungen ermöglichen und die Spurensichtbarmachung und -sicherung revolutionieren.

In der Immunolabeling Methode können durch weitere Forschungen noch mehr endogene und exogene Komponenten herausgefunden werden, um auch andere Materialien in Fingerabdrücken nachweisen zu können und so weitere Informationen über den Spurenverursacher zu erfahren. Aber auch in der Visualisierung der Abdrücke können durch neu erforschte Antikörper Abdrücke besser sichtbar gemacht werden. Zudem zeigt die Spektroskopie/Spektrometrie ebenfalls aufgrund ihrer Bifunktionalität in Zukunft ein großes Potential.

6 Fazit

Die Geschichte der Daktyloskopie hat die heutige Polizeiarbeit geprägt. Bertillons Körpervermessung und Erhebung anderer personenbezogener Daten finden auch heute noch teilweise im Rahmen der erkennungsdienstlichen Maßnahme Verwendung. Ob die anderen herkömmlichen Verfahren genauso erhalten bleiben ist fraglich. Der Fingerabdruckscanner ermöglicht beispielsweise mehr Sichtbarmachungen als Adhäsions- und chemische Verfahren und bietet somit neben der Berührungslosigkeit einen großen Vorteil. Des Weiteren liefert die Spektroskopie Informationen über den Abdruck, die mittels üblicher Verfahren nicht möglich sind und sich bis dahin nur erahnen ließen.

Es lässt sich zusammenfassend sagen, dass die in der Arbeit genannten neuen Entwicklungen in der Daktyloskopie durchaus Potential haben in Zukunft in den Laboren der Polizei sowie an Tatorten eingesetzt zu werden. Die neuen Methoden liefern Ermittlungsansätze, während bei einfachen Sichtbarmachungen von Fingerabdrücken mit herkömmlichen Mitteln, keine Ansätze möglich waren. Wenn ein gesicherter Abdruck sich nicht in der Datenbank befindet, gibt dieser nur Aufschluss über das vorhandene Grundmuster und die anatomischen Merkmale. Ist durch neue Mittel jedoch herauszufinden, dass es sich bei dem Spurenverursacher um einen Mann handelt, kann der Pool der Verdächtigen eingegrenzt werden.

Für die Umsetzung solcher Methoden, wird jedoch mehr Personal benötigt. Um noch effizienter Fälle mittels daktyloskopischer Spuren zu klären, wäre es von Vorteil mehr daktyloskopische Sachverständige auszubilden. Dabei sollten nicht nur das LKA und BKA Zugang auf die Datenbanken haben. Durch den Zugang von Präsidien auf die Datenbanken könnte das LKA und BKA entlastet und so könnten Bearbeitungszeiten um einiges verringert werden. Es wäre möglich bei kleineren Fällen und vorhandenem Vergleichsmaterial die daktyloskopischen Spuren durch Daktyloskopen an Präsidien auszuwerten, um schneller Ergebnisse zu erhalten. Das würde zusätzlich die Kontaminationsgefahr verringern.

Was nicht außer Acht gelassen werden darf, sind die hohen Anschaffungskosten für die Geräte. Kolloidale Goldpartikel, Spektrometer sowie Chromatografen sind sehr kostspielig, wobei sich die Investition für nur wenige Verwendungen, aufgrund der nur seltenen Anwendung bei großen Kapitaldelikten, lediglich für Bundes- und Landeskriminalämter lohnen würde. Auch der Fingerabdruckscanner ist mit hohen Erwerbskosten verbunden. Im Kontrast dazu ist jedoch der Zeitfaktor abzuwägen. Lange Wartezeit während der Behandlung des Spurenträgers fallen bei der Spektroskopie, dem Scanner sowie den anderen dargelegten Methoden weg.

Was dennoch jede Analyse erschwert, ist der Effekt der Umwelt und weiteren beeinflussenden Faktoren, die auch bei neuen Verfahren erhalten bleiben. Hinsichtlich der Altersbestimmung von Abdrücken ist es demnach schwer, eine Aussage zu treffen, da das Alter wegen der unbekannten Einflüsse nur geschätzt werden kann. Es kann vorkommen, dass schwach adhäsive Abdrücke lediglich extremen Einflüssen, wie Licht oder Wasser ausgesetzt waren und es sich nicht wie vermutet um ältere Abdrücke handelt.

Zum jetzigen Zeitpunkt bestehen dahingegen keine Zweifel, dass neue Technologien, im Besonderen der Scanner, zukünftig einen Mehrwert für die daktyloskopische Spurensicherung im digitalen Zeitalter darstellen und eine Automatisierung durch diese Geräte einhergeht.

Quellen

- [Ashbaugh-1999] Ashbaugh, David R.: Ridgeology, Forensic Identification Support Section, Royal Canadian Mounted Police, 1999
- [Bailey-2016] Bailey, Melanie Jane; Race, Alan; De Puit, Marcel; et al.: Analysis of Urine, Oral fluid and Fingerprints by Liquid Extraction Surface Analysis Coupled to High Resolution MS and MS/MS – Opportunities for Forensic and Biomedical Science, Analytical Methods, März 2016
- [Barnes-2002] Barnes, Jeffery G.; Benningfeld, Debbie; Bergmann, Herman; et al.: The Fingerprint Sourcebook, U.S. Department of Justice Office of Justice Program, 2002
- [Bécue-2016] Bécue, Andy; Campod, Christophe: Fingermarks and Other Body Impressions – A Review (July 2013 - July 2016), Interpol, 2016
- [Bond-2014] Bond, John W.: Comparison of Chemical and Heating Methods to Enhance Latent Fingerprint Deposits on Thermal Paper, Journal of Forensic Sciences, März 2014
- [Brons-2008] Brons, Franziska: Im Labyrinth der Linien – Zur Geschichte des Fingerabdrucks in der Kriminologie, Gegenworte 20. Heft, 2008
- [BSI] Fingerabdruckerkennung, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik

- [BSI-2004] Evaluierung biometrischer Systeme Fingerabdrucktechnologien – BioFinger, Öffentlicher Abschlussbericht, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2004
- [Bunter-2014] Bunter, Simon: How Long Can an Identifiable Fingerprint Persist on an Exterior Surface?, CSEye, April 2014
- [Cadd-2015] Cadd, Samuel; Bleay, Stephen: Fingerprint composition and aging: A literatur review, Science & Justice, März 2015
- [Castello-2013] Castello, Ana; Francés, Francesc; Verdú, Fernando: Solving underwater crimes: Development of latent prints made on submerged objects, Forensic Science Society, Elsevier Ireland Ltd., 2013
- [DeAlcaraz-2015] De Alcaraz-Fossoul, Josep; Barrot, Carme; Stow, Karen; et al.: Latent Fingermark Aging Patterns (Part I): Minutiae Count as One Indicator of Degradation, Journal of Forensic Sciences, Dezember 2015
- [DeAlcaraz-2017] De Alcaraz-Fussoul, Josep; Barrot, Carme; Carreras-Marin, Clara; et al.: Latent Fingermark Aging Patterns (Part III): Discontinuity Index as One Indicator of Degradation, Journal of Forensic Sciences, 2017
- [Dhall-2013] Dhall, Jasmine Kaur, Sodhi, G.S.; Kapoor, A.K.: A novel method for the development of latent fingerprints recovered from arson simulation, Egyptian Journal of Forensic Sciences, März 2013

- [Dorakumbura-2016] Dorakumbura, Buddhika N.; Becker, Thomas; Lewis, Simon W.: Nanomechanical mapping of latent fingermarks: A preliminary investigation into the changes in surface interactions and topography over time, Forensic Science International, Elsevier Ireland Ltd., 2016
- [Färber-2010] Färber, Doris; Seul, Andrea; Weisser, Hans-Joachim; et al.: Recovery of Latent Fingerprints and DNA on Human Skin, Journal of Forensic Sciences, November 2010
- [Ferrer-2014] Ferrer, Romulo; Carneiro, L.; Bessa, Jessyca; et al.: Techniques of Binarization, Thinning and Feature Extraction Applied to a Fingerprint System, International Journal of Computer Applications, Oktober 2014
- [Girod-2012] Girod, A.: Composition of fingerprint residue: A qualitative and quantitative review, Forensic Science International, 2012
- [Girod-2016] Girod, A.; Ramotowski, R.; Lambrechts, S.; et al.: Fingerprint age determinations: Legal considerations, review of the literature and practical propositions, Forensic Science International, Elsevier Ireland Ltd., 2016
- [Groeneveld-2015] Groeneveld, G.; De Puit, Marcel; Bleay, Stephen; et al.: Detection and mapping of illicit drugs and their metabolites in fingermarks by MALDI MS and compatibility with forensic techniques, Scientific Reports, Juni 2015
- [Haines-2013] Haines, Alicia M.; Tobe, Shanan S.; Kobus, Hilton; et al.: Detection of DNA within fingermarks, Forensic Science International Genetics Supplement Series, Elsevier Ireland Ltd., Oktober 2013

- [Hefetz-2015] Hefetz, Ido; Pertsev, Roman; Bar-sheshet, Eli: Development of Latent Fingerprints from Stones: Field Work Provides Identification, Journal of Forensic Identification, 2015
- [Heindl-1922] Heindl, Robert: System und Praxis der Daktyloskopie und der sonstigen technischen Methoden der Kriminalpolizei, De Gruyter Auflage: 3, 1922
- [Henry-2017] Henry, Julianne M.; Voelcker, Nicolas H.; Linacre, Adrian; et al.: A mass spectrometry-based forensic toolbox for imaging and detecting biological fluid evidence in finger marks and fingernail scrapings, International Journal of Legal Medicine, Springer Verlag, April 2017
- [Herwey-2014] Herwey, Kurt: Ausführliche Testreihe des EVISCAN zur berührungslosen Suche und Sicherung von latenten Fingerspuren auf nicht saugenden Oberflächen, Wien, 2014
- [Hildebrandt-2017] Hildebrandt, Mario; Dittman, Jana; Vielhauer, Claus: Capture and Analysis of Latent Marks, Springer International Publishing AG, 2017
- [Ihmor- 2008] Ihmor, Heinrich: Wird das Rad neu erfunden?, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2008
- [Kaushik-2017] Kaushik, Mahima; Mahendru, Swati; Chaudhary, Swati; et al.: DNA Fingerprints: Advances in their Forensic Analysis Using Nanotechnology, Journal of Forensic Biomechanics, Februar 2017

- [Kumar-2015] Kumar, Parveen; Gupta, Ritika; Singh, Rajinder; et al.: Effects of latent fingerprint development reagents on subsequent forensic DNA typing: A review, Indien, Journal of Forensic and Legal Medicine, Elsevier Ireland Ltd., 2015
- [Lessig-2007] Lessig, Rüdiger; et al.: Informationen zur Tatortarbeit – Leichendaktyloskopie, Informationsblatt des Bundes und der Länder, 2007
- [Liang-2015] Liang, Kang; Carbonell, Carlos; Styles, Mark J.; et al.: Biomimetic Replication of Microscopic Metal-Organic Framework Patterns Using Printed Protein Patterns, Advanced Materials, Wiley-VCH Verlag, 2015
- [Nunn-2013] Nunn, Samuel R.: Touch DNA Collection Versus Firearm Fingerprinting: Comparing Evidence Production and Identification Outcomes, Journal of Forensic Sciences, März 2013
- [Pleik-2016] Pleik, Stefanie; Sprengler, Bernhard; Schäfer, Thomas: Fatty Acid Structure and Degradation Analysis in Fingerprint Residues, American Society for Mass Spectrometry, 2016
- [Popov-2017] Popov, K.T.; Sears, V.G.; Jones, B.J.: Migration of latent fingermarks on non-porous surfaces: Observation technique and nanoscale variations, Elsevier Ireland Ltd., Forensic Science International 275, 2017
- [Rock-2016] Rock, Karlee J.; Murillo, Victor M.; Seferyn, Season E.; et al.: Evaluating the Success of DNA Analysis and Latent Print Examinations on Submitted Firearms, Iowa Division of Criminal Investigations – Criminalistics Laboratory Firearms and Toolmarks Section, 2016

- [Simmons-2014] Simmons, Rory K.; Deacon, Paul; Farrugia, Kevin J.: Water-soaked Porous Evidence: A Comparison of Processing Methods, Journal of Forensic Identification, Februar 2014
- [Sonderegger-2012] Sonderegger, Bernhard; Peter, Martin Urs: Der Fingerabdruck – 100 Jahre im Dienst der Eidgenossenschaft, Bern, Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement EJPD, Bundesamt für Polizei fedpol, 2012
- [Stefanie-2016] Stefanie, Valter; Barros, Hélio: A new methodology for the visualization of latent fingermarks on the sticky side of adhesive tapes using novel fluorescent dyes, Forensic Science International, Elsevier Ireland Ltd., April 2016
- [Steinert-2010] Steinert, Ulf: Kriminalistik/Kriminaltechnik Skriptum Daktyloskopie, Fachhochschule der Polizei des Landes Brandenburg, Ausbildungsgang mittlerer Polizeivollzugsdienst, 2010
- [Su-2016] Su, Bin: Recent progress on fingerprint visualization and analysis by imaging ridge residue components, Analytical and Bioanalytical Chemistry, Januar 2016
- [Sutton-2014] Sutton, Raul; Grenzi, Claudio; Hrubesova, Lucie: A Comparison of field and laboratory conditions on the longevity of submerged latent fingerprints, Journal of Forensic Identification, Januar 2014
- [Thakur-2016] Thakur, Pallavi; Garg, Rakesh K.: New developing reagent for latent fingermark visualization: Fuller's Erath (Multani Mitti), Punjabi University Patiala, India, Department of Forensic Science, 2016

- [Urbach-2012] Urbach, Dieter: MSTFA und MSTFA-D9 – unverzichtbare Werkzeuge für die massenspektrometrische Strukturaufklärung, Toxichem Krimtech, Bundeskriminalamt Wiesbaden, 2012
- [vanBeek-2015] van Dam, Annemieke; van Beek, Fleur T.; Aalders, Maurice C.G.; et al.: Techniques that acquire donor profiling information from fingerprints – A review, The Chartered Society of Forensic Science, Elsevier Ireland Ltd., 2015
- [vanDam-2014] van Dam, Annemieke; van Beek, Fleur T.; Aalders, Maurice C.G.; et al.: Fingermarks, more than just ridge pattern, University of Amsterdam, UvA-DARE (Digital Academic Repository), 2014
- [vanDam-2015] van Dam, Annemieke; Aalders, Maurice C.G.; Todorovski, Toni; et al.: On the autofluorescence of aged fingerprints, Forensic Science International, November 2015
- [Wei-2016] Wei, Qianhui; Zhang, Meiqin; Ogorevc, Bozidar; et al.: Recent advances in the chemical imaging of human fingerprints (a review), The Royal Society of Chemistry, Analyst, 2016
- [Werner-2015] Werner, Valérie: Evaluierung des Vorserienmodells EVISCAN 1000 im Praxisalltag eines kriminaltechnischen Instituts, Rheinbach, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, 2015
- [Yu-2016] Su, Chia-Hao; Yu, Chun-Chieh; Cheng Fong-Yu: Rapid visualization of latent fingerprints using gold seed-mediated enhancement, Journal of Nanobiotechnology, 2016
- [URL-1] <http://www.redensarten.net/schlitzohr/>), verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr

- [URL-2] https://de.wikipedia.org/wiki/Locard%E2%80%99sche_Regel, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-3] https://de.wikipedia.org/wiki/In_utero, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-4] <http://docplayer.org/21116683-Unsere-haut-im-blickpunkt-aufbau-funktionen-und-unterschiede.html>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Absorption>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Photooxidation>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Degradation>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-8] <http://flexikon.doccheck.com/de/Evaporation>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-9] <https://de.wikipedia.org/wiki/Polymerisation>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-10] <https://de.wikipedia.org/wiki/Rost>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-12] <http://www.ewetel.net/~heinz-gerd.freese/dakty.htm>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr

- [URL-11] [http://afisweb.bka.extrapol.de/extern/znav.php?vlink=/AFIS Zentral/Geschichte&frame=2&sub=16&link=../website/artikel/geschichte.html](http://afisweb.bka.extrapol.de/extern/znav.php?vlink=/AFIS_Zentral/Geschichte&frame=2&sub=16&link=../website/artikel/geschichte.html), verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-13] <http://www.chemieunterricht.de/dc2/kristalle/fluoresz.htm>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-15] [https://de.wikipedia.org/wiki/Meniskus_\(Hydrostatik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Meniskus_(Hydrostatik)), verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-14] <http://www.extrapol.de/etc/bka/zd/atos/index.htm>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-15] [https://de.wikipedia.org/wiki/Reflexion_\(Physik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Reflexion_(Physik)), verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-16] http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ph/14/ep/einfuehrung/geooptik/reflexion.vlu/Page/vsc/de/ph/14/ep/einfuehrung/geooptik/reflexionsgesetz_eben3.vscml.html, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-18] <http://www.chemie.de/lexikon/Spektroskopie.html>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-17] <https://de.wikipedia.org/wiki/Emission>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-19] <http://www.chemie.de/lexikon/IR-Spektroskopie.html>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-20] <http://www.chemie.de/lexikon/Fourier-Transformations-IR-Spektroskopie.html>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr

- [URL-21] [https://de.wikipedia.org/wiki/Streuung_\(Physik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Streuung_(Physik)), verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-22] <http://www.chemie.de/lexikon/Raman-Spektroskopie.html>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-23] <http://flexikon.doccheck.com/de/Massenspektrometrie>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-24] <http://www.chemie.de/lexikon/Analysenprobe.html>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-25] https://de.wikipedia.org/wiki/Matrix-unterst%C3%BCtzte_Laser-Desorption/Ionisation, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-26] https://de.wikipedia.org/wiki/Direct_Analysis_in_Real_Time, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-27] <https://de.wikipedia.org/wiki/Sekund%C3%A4rionen-Massenspektrometrie>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-28] <https://de.wikipedia.org/wiki/Gaschromatographie>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-29] <https://de.wikipedia.org/wiki/Hochleistungsfl%C3%BCssigkeitschromatographie>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-30] <https://de.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnnenschichtchromatographie>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr

- [URL-31] https://de.wikipedia.org/wiki/Protein_A/G, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-32] <https://de.wikipedia.org/wiki/Inkubation>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-33] <https://www.west-technology.co.uk/forensic/vacuum-metal-deposition-vmd/>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-34] crimefictioncollective.blogspot.de/2012/01/can-you-get-fingerprints-from-dead-body.html, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-35] <https://de.wikipedia.org/wiki/Dispersit%C3%A4t>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-36] https://de.wikipedia.org/wiki/Metal_Organic_Framework, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-37] <http://tu-freiberg.de/fakult2/psych/professuren/physikalische-chemie-i/forschung/metal-organic-framework>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-38] <http://datentraeger-museum.de/index.php?page=Lochkarte>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr
- [URL-39] <http://newyorkfingerprints.com/Product/Live-Scan>, verfügbar am 15.08.2017, 11:10 Uhr

Anlagen

Teil 1-a XXI

Teil 1-b XXII

Teil 2 XXIII

Teil 3 XXIV

Teil 4-a XXV

Teil 4-b XXVI

Teil 5 XXVII

Teil 6-a XXVIII

Teil 6-b XXIX

Teil 6-c XXX

Anlagen, Teil 1-a



Abbildung 12: Zentrum (a) und Delta (b) [Sonderegger-2012]

Anlagen, Teil 1-b

Analyte	Monoisotopic Mass (M+H)	Chemical Formula
Amino Acids		
Glycine	76.0399	C2H5NO2
Histidine	156.0773	C6H9N3O2
Serine	106.0504	C3H7NO3
Alanine	90.0555	C3H7NO2
Isoleucine / leucine	132.1025	C6H13NO2
Threonine	120.0661	C4H9NO3
Arginine	175.1195	C6H14N4O2
Tyrosine	182.0817	C9H11NO3
Asparagine	133.0613	C4H8N2O3
Lysine	147.1134	C6H14N2O2
Valine	118.0868	C5H11NO2
Aspartic Acid	134.0453	C4H7NO4
Methionine	150.0589	C5H11NO2S
Taurine	126.0225	C2H7NO3S
Citrulline	176.1035	C6H13N3O3
Ornithine	133.0977	C5H12N2O2
Glutamic Acid	148.061	C5H9NO4
Phenylalanine	166.0868	C9H11NO2
Fatty acids		
Octanoic acid (8:0)	145.123	C8H16O2
Nonanoic acid (9:0)	159.1387	C9H18O2
Decanoic acid (10:0)	173.1543	C10H20O2
Dodecanoic acid (12:0)	201.1856	C12H24O2
Tridecanoic acid (13:0)	215.2013	C13H26O2
Myristoleic acid (14:1)	227.2013	C14H26O2
Myristic acid (14:0)	229.2169	C14H28O2
Pentadecenoic acid (15:1)	241.2169	C15H28O2
Pentadecanoic acid (15:0)	243.2326	C15H30O2
Palmitoleic acid (16:1)	255.2326	C16H30O2
Palmitic acid (16:0)	257.2482	C16H32O2
Margaric acid (17:0)	271.2639	C17H34O2
Heptadecenoic acid (17:1)	269.2482	C17H32O2
Linoleic acid (18:2)	281.2482	C18H32O2
Oleic acid (18:1)	283.2639	C18H34O2
Stearic acid (18:0)	285.2795	C18H36O2
Nonadecanoic acid (19:0)	299.2952	C19H38O2
Eicosanoic acid (20:0)	313.3108	C20H40O2
Heneicosanoic acid (21:0)	327.3265	C21H42O2
Docosanoic acid (22:0)	341.3421	C22H44O2
Tricosanoic acid (23:0)	355.3578	C23H46O2
Tetracosanoic acid (24:0)	369.3734	C24H48O2
Miscellaneous		
caffeine	195.0882	C8H10N4O2
caffeine metabolite, Paraxanthine	181.0726	C7H8N4O2
cholesterol	369.3521	C27H46O
creatinine	114.0667	C4H7N3O
squalene	411.3991	C30H50
phenol	95.0497	C6H6O
riboflavin	377.1461	C17H20N4O6
Uric Acid	169.0362	C5H4N4O3
Urea	61.0402	CH4N2O
Lactic Acid	91.0395	C3H6O3
alpha-Tocopherol	431.3891	C29H50O2
delta-Tocopherol	403.3578	C27H46O2

Tabelle 8: Ein Teil einer möglichen Zusammensetzung eines Abdrucks [Bailey-2016]



Abbildung 13: Beispiel einer Lochkarte [URL-38]

Anlagen, Teil 3

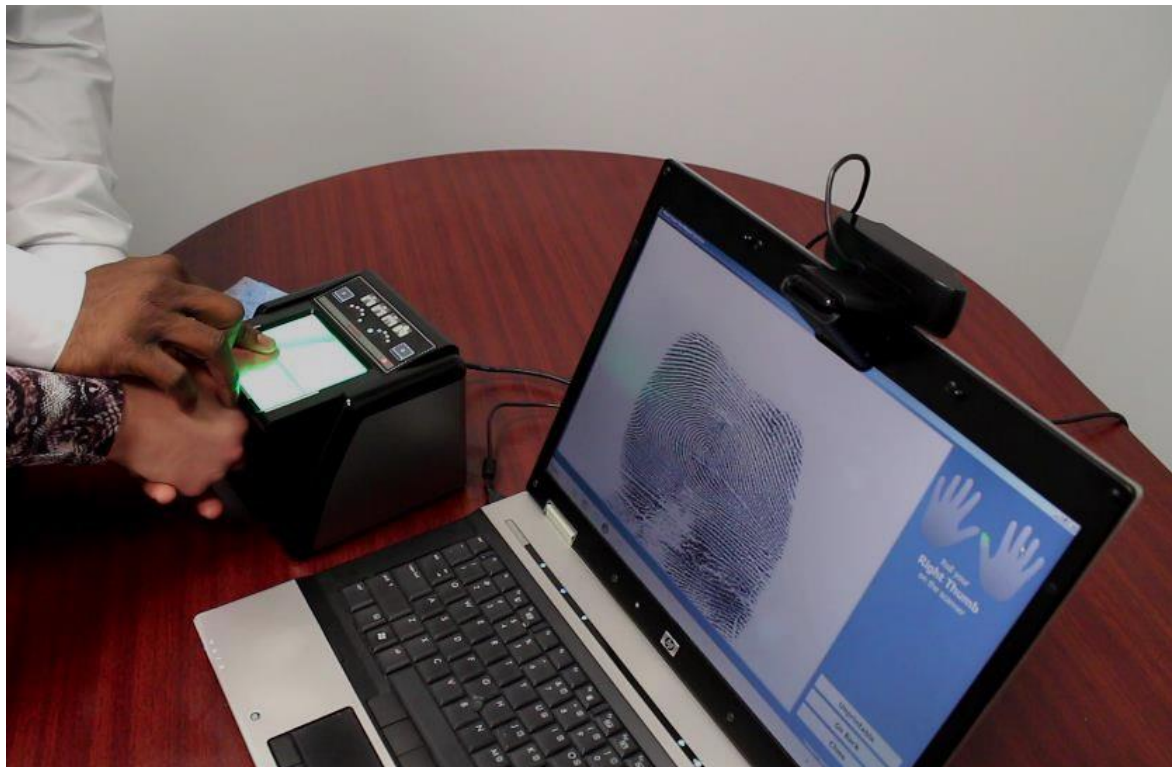


Abbildung 14: Eine LiveScan Anlage während der Erfassung eines Fingerabdrucks [URL-39]

Anlagen, Teil 4-a

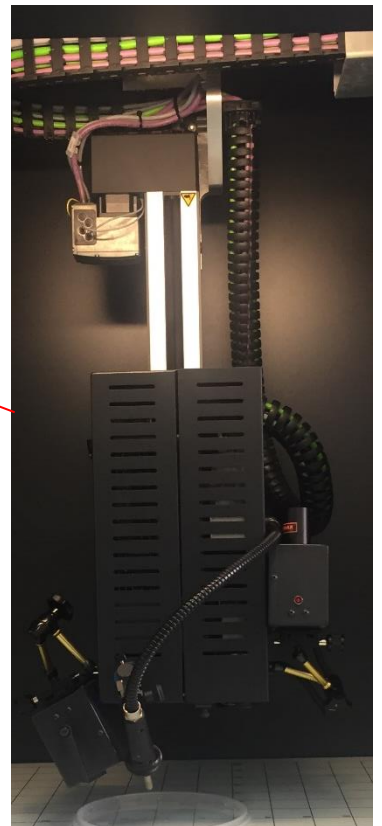
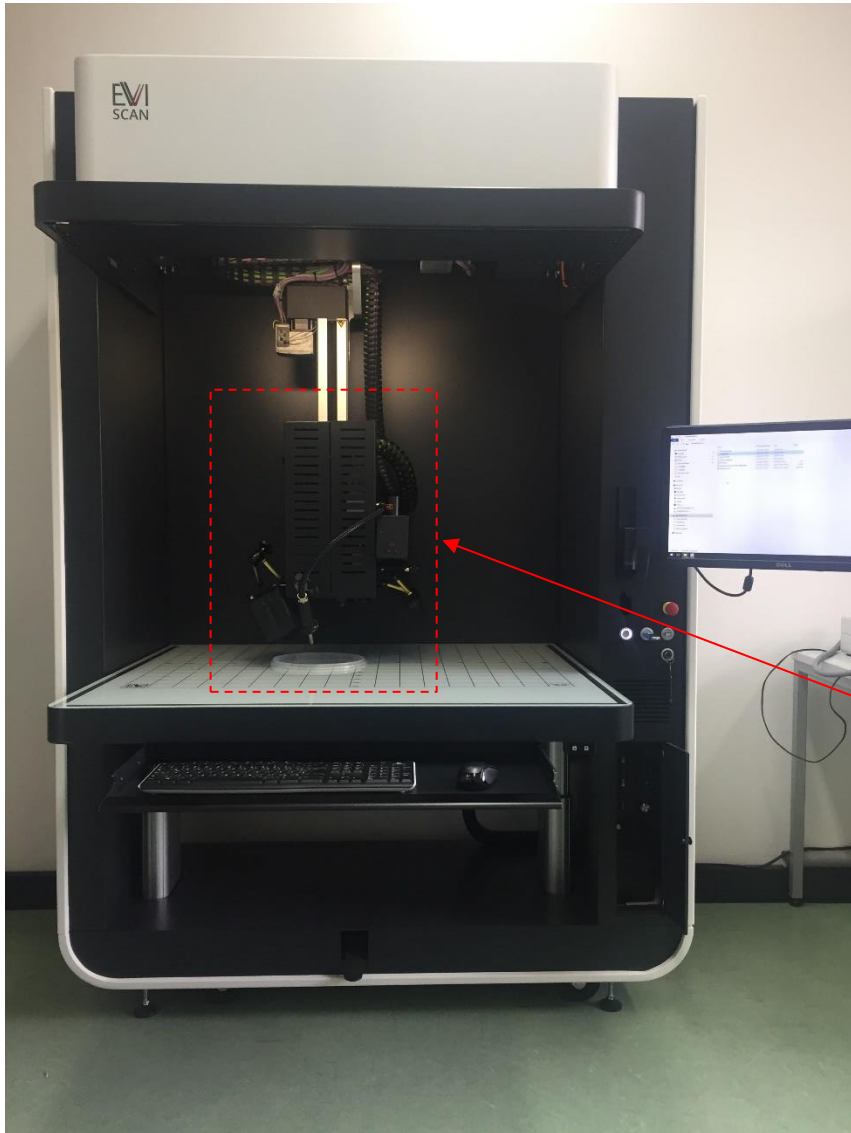


Abbildung 15: Der EviScan mit Scankopf

Anlagen, Teil 4-b

German eForensics GmbH
Spurenkarte, erzeugt mit EVISCAN



Test 3


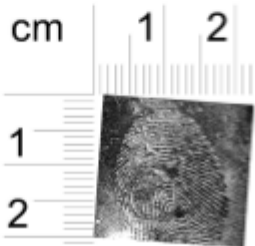
Asservatenbezeichnung Ass 1	
Spurennummer	
Straftat/Ereignis	
Tat-/Fundort	Tat-/Funddatum 25.04.2017
Sicherung durch	Am 25.04.2017
Spurentyp Fingerabdruck	
Kommentar Spur	
Spurenlagebild/-beschreibung 	Spurenbild Fallnummer: Test 3 

Abbildung 16: Eine entstandene Spurenkarte bei EviScan

Anlagen, Teil 5

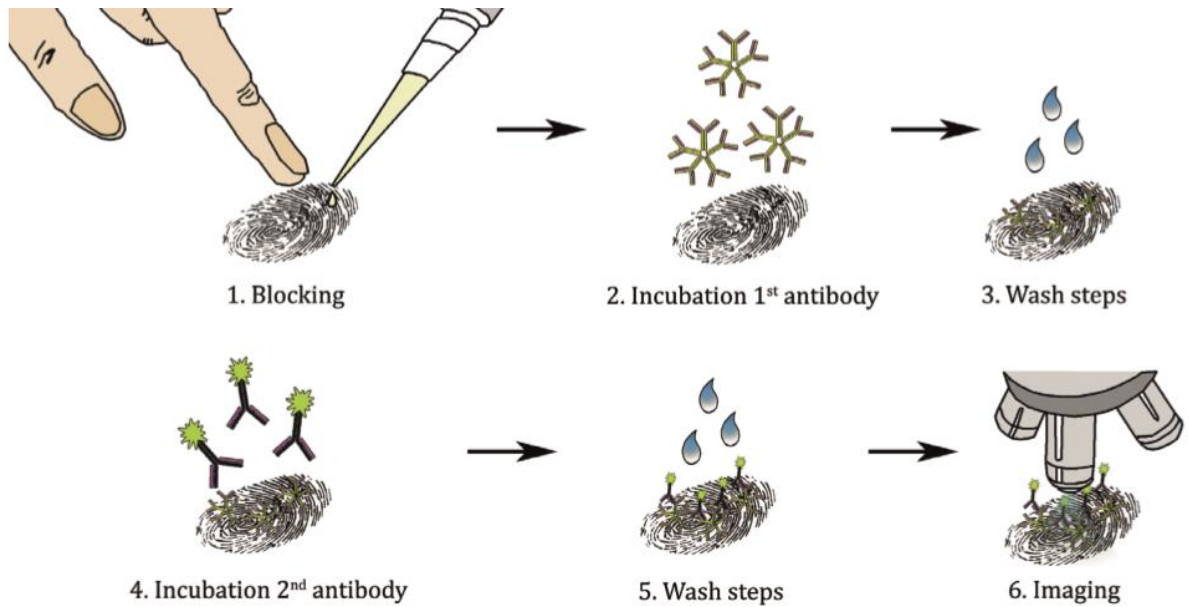


Abbildung 17: Ablauf Immunolabeling [vanDam-2014]

Anlagen, Teil 6-a

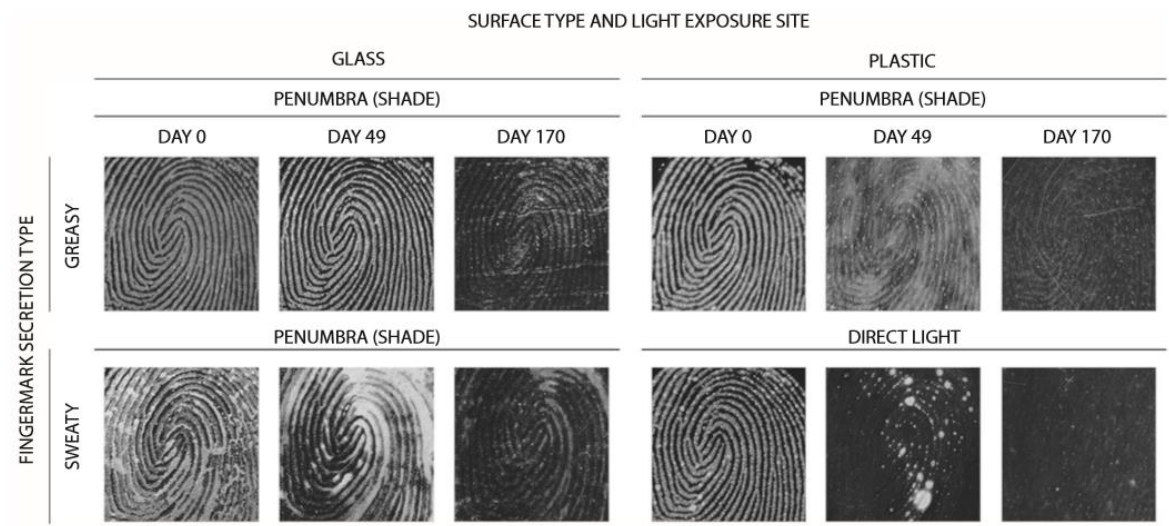


Abbildung 18: Alterung von fettigen und schweißreichen Abdrücken auf Glas und Plastik unter Einfluss von Licht [DeAlcaraz-2015]

Anlagen, Teil 6-b

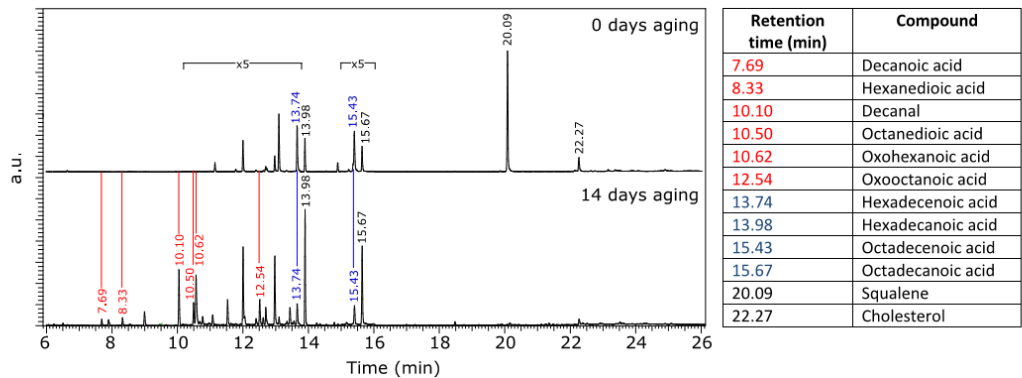


Abbildung 19: Unterschied der Bestandteile frischer und 14 Tage alter Abdrücke [Pleik-2016]

Anlagen, Teil 6-c

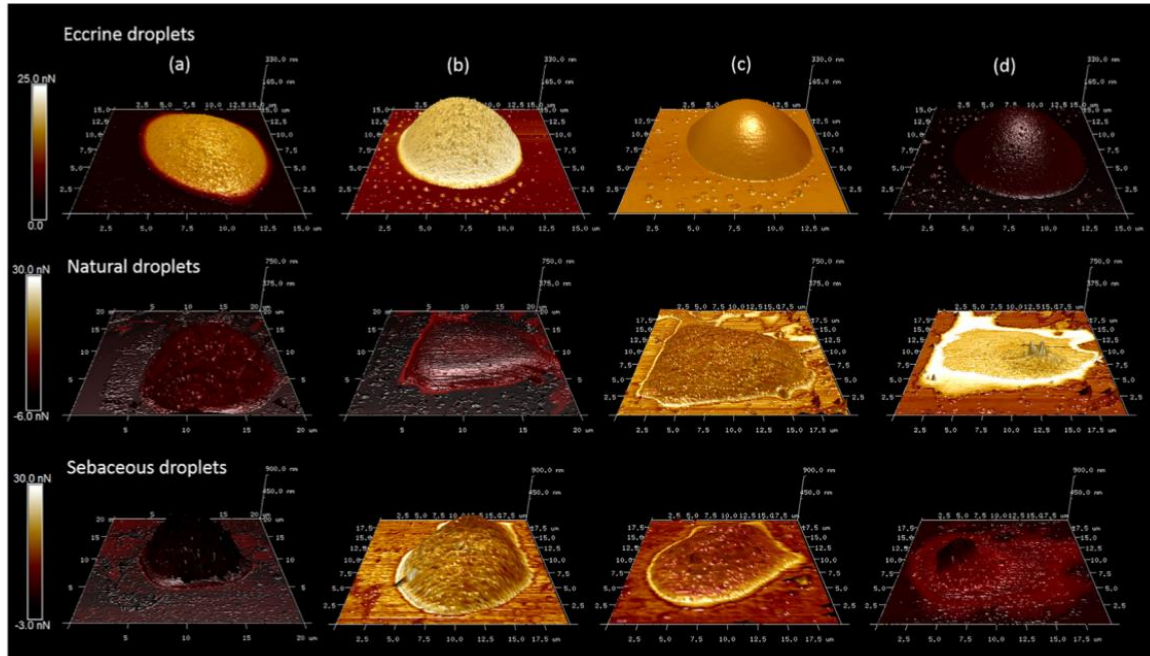


Abbildung 20: Eine mögliche Veränderung von Tröpfchen ekkriner, natürlicher und Talg Sekrete eines frischen (a), einer Woche alten (b), zwei Wochen alten (c) und vier Wochen alten Fingerabdrucks (d) [Doracumbura-2016]

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Waiblingen, den 16.08.2017

Lavinia Cotti